资本理论及其收益率

[美] 罗伯特·索洛 著

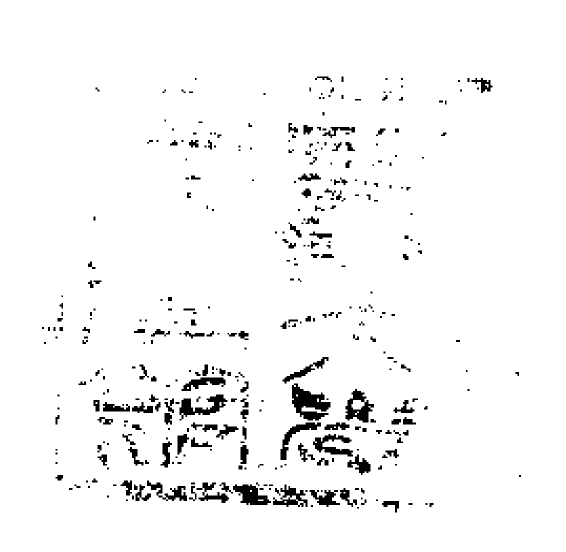
商 务 印 书 馆

资本理论及其收益率

〔美〕罗伯特·索洛 著

刘　勇译

王宏昌校



商　务　印　书　馆

1992年·北京

Robert M. Solow

CAPITAL THEORY AND THE RATE OF RETURN

North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1963

根据阿姆斯特丹北荷兰出版公司 1963 年版译出

ZĪBĚNLǏLÙN JÍQÍ SHŌUYÌLǛ

资本理论及其收益率

〔美〕罗伯特·索洛 著

刘　勇 译

王 宏 昌 校

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街36号　邮政编码100710)

新华书店总店北京发行所发行

河北香河县第二印刷厂印刷

ISBN 7-100-00946-4/F·97

1992 年 6 月第 1 版　　开本 850×1168 1/32

1992 年 6 月北京第 1 次印刷　　字数 49 千

印数 0-2 500 册　　印张 2 1/4

定价：1.15 元

译者前言

本书作者罗伯特·索洛是美国麻省理工学院经济学教授，1987年诺贝尔经济学奖获得者。

本书是作者的代表作之一，除此以外，作者还有《线性规划与经济分析》（与R.多夫曼和P.A.萨缪尔森合著）和《增长理论：一个说明》等专著。

在本书中，作者以实证方式讨论了现代工业化国家资本积累和经济增长间的关系，并提出了技术进步是经济增长长远动力的思想。全书由三篇讲演构成，先介绍了美国新古典综合学派的资本理论的观点；接着概述为了研究技术进步，资本理论需要作的改进；最后说明了储蓄和投资以及生产力的长期增长三者间的关系。

本书对于我们了解索洛教授的学术观点和美国新古典综合学派的资本理论以及战后资本主义经济增长的原因都有助益。但书中有一些观点明显地反映了作者的资产阶级立场，请读者参阅时注意。

译稿承王宏昌先生校阅，谨致谢意。

目　　录

引　言

罗伯特·M. 索洛教授1951年在哈佛大学获得哲学博士学位。从1950年到1954年，他是麻省理工学院助理教授，1954—1958年为副教授，1958年索洛晋升为正教授。1961—1962年，他是美国总统经济顾问委员会的高级经济学家，同时还是经济与合作发展组织（*O. E. C. D.*）促进经济增长政策工作会议的美方首席代表。最近，索洛任经济计量学会（这是一个经济计量学家的世界性组织）的副主席。

索洛教授由于其工作的深刻性而广为人知，他的工作涉及到经济计量学，特别是生产函数和经济增长领域的理论和实证方面。他非常精通经济学的数学处理，是有关这个专题（包括线性规划的应用）一系列理论研究作品的作者或合作者。同时，索洛教授还对生产函数的统计检验作出了实质性贡献，他还研究了技术进步对生产率的贡献。

F. 德夫里斯基金会很荣幸能够出版一位杰出学者的这类讲演集。

J. 丁伯根

序　言

本丛书是为了永久纪念F. 德夫里斯教授而发行的。而我则特别想把这几篇讲稿献给伦德特·M. 科亚克，以对他表示纪念，他最近那么突然地逝世了。我同伦德特·科亚克并不十分熟悉；1948年，我们在萨尔茨堡度过了一个愉快的夏天；从那以后，我们再也没有见面。但我们经常通信，互相注视着对方的工作，有时还在同一课题上工作；几年前是相继进行研究，最近共同研究这些讲演涉及的问题。我还期待着在鹿特丹再次会见他。可是各地的经济学家和我一样感到遗憾。

为了口头讲演方便，写完这些讲稿即付印了。讲稿中没有详细的脚注，但我列举了最近文献中揭示我的某些思想源泉的基本参考资料。我的朋友和同事保罗·萨缪尔森阅读了初稿，并提供了许多有价值的评论。我们在这个领域合作的时间非常长，以至于不可能区分书中的某一思想是来源于他，还是来源于我，或我们两个。夏洛特·费尔普斯夫人承担了计算工作。劳拉·希思小姐在繁忙中一再打印了手稿，不失技巧和好脾气。

我非常感谢荷兰经济学院的J. 丁伯根教授，H. 朗贝教授，M. 德·霍夫特夫人以及其他朋友，他们热情好客，使我在荷兰非常愉快。

第一章 资本和收益率

引 言

8年前，当德夫里斯[1]系列讲演的头一讲开始时，詹姆斯·米德[2]教授曾说，一个英国人去荷兰讲关税同盟可能是鲁莽的举止。他可以再进一步讲：任何一个外国人到鹿特丹讲经济学有些多此一举。我觉得这有点象17世纪新英格兰走私犯对海军元帅特龙普讲驾船技术一样。今天，经济学这一行同样是倒行逆施：我们选派年轻人去鹿特丹听讲，而不是中年教授受聘来任课。实际上，我们中最好的中年教授是库普曼斯和胡萨克[3]，我想事实的逻辑是，我完全不是"进口货"而是要"加工和再输出"，就象可可豆一样。

无论如何，我是来作"理论专题系列讲演"的一个外国人。我所选择的特定理论问题是资本理论，特别是资本理论与经济增长的关系。

在讲述我的理论专题之前，我打算一般地谈谈经济学理论。所谓经济学同我想象的物理学或天文学一样，是由一些相当简单的低级理论和一些相当复杂的高级理论构成。但物理学和经济学有一些微妙的差别。外行也了解，在物理学中为了易于接近复杂

① 德夫里斯(1884—1954年)：荷兰经济学院第一任经济学教授。在他70岁生日之际，1954年5月2日，他的学生设立了德夫里斯教授基金会，奖励最有影响的教师以及作出杰出理论和实证贡献的学者。——译者

② 米德(1907年—)：英国经济学家，1977年诺贝尔经济学奖金获得者。他的德夫里斯讲演题目为："关税同盟理论"。——译者

③ 库普曼斯(1910—1985年)和胡萨克(1924年—)均是荷裔著名经济学家，故作者有此说。——译者

理论，你必须掌握简单理论；而许多杰出的实际成就似乎来自复杂理论。经济学的情况不一样，我喜欢一个人在我教给他简单理论之前已掌握了复杂理论。经济学的实际效用不是来自这一高级领域，相当多地却来自低级推理（我想这不是因为任何内在的理由，而是由于数据不适用于高级理论所要求的精度。另外，今天的高级理论往往转化为明天的低级理论）。但这并不意味着我们可以忽略高级经济学，因为高级经济学对熟练掌握低级经济学仍有很大帮助。1935年的丁伯根为今天的丁伯根不可或缺地作了准备；实际上为今天的大伙也一样作了准备。今天的锡尔[1]是为谁准备，我们只能推测。

我现在重提这些，部分是为了说明，我准备以低级方式讨论资本理论。我的目的是，在第三次讲演结束之前，比较粗略地用实证方式说明今天工业化国家资本积累和经济增长间的关系。这种说明唯一有效的理论基础是新古典主义或后维克赛尔主义资本理论的现代观点。由于纠缠这一问题的争论很多，我打算在本讲演中比较清晰地说明新古典资本理论中我认为仍有效且有生命力的部分。我将讨论为了研究技术进步，资本理论需要作的改善和调整。最后，我准备说明储蓄和投资以及生产力的长期增长三者间的关系。

资本理论在经济学中的地位

至少从1818年托伦斯[2]攻击李嘉图的价值理论以来，资本理论就是经济学家争论不休的一个问题。现在，大部分新古典主义

---

① 锡尔（1924年— ）：荷裔美国经济学家，当时是荷兰经济学院经济计量学教授。——译者

② 托伦斯（1780—1864年）：英国经济学家。——译者

理论结构或多或少被明确地看作不是正统就是错误的。但是资本理论的地位尚未动摇。比我熟悉文献的读者可能会认为，自从李嘉图撰写“论机器”这一章后，这“锅”资本理论已不断地被“文火蒸煮”。每隔一个历史时期，它被大规模煮沸：19世纪90年代有庞巴维克与J.B.克拉克的争吵，20世纪20年代和30年代有哈耶克和赖特[1]间的论辩，现在则有琼·罗宾逊夫人同英国剑桥以外的所有其他人的争论，这些争论不时超越事物的本来面目。比较N.卡尔多[2]在1937年发表的著名的《经济计量学》文章及其最新著作，可以看到在某些方面他的想法已有改变；我自己更喜欢早期而不是后来的卡尔多。

一些19世纪辩论的同样问题，例如如何度量“资本”仍然是今天争论的事情。关于这点，我的看法稍有不同；这是因为我发现早期的争论极端混乱，现代经济学家有时对其莫测高深。事实上，我承认我有时对最近的讨论有同样的感觉，即便我自己参加了讨论。这是一件意味深长的事。因为当一个理论问题80年后仍值得讨论，就有一种臆测——问题实际上提得不对，或很深。我认为“资本”的度量问题提得不好，我相信我可以说服你们同意我的看法。

人们往往诧异，资本理论为什么容易引起激烈的、无效的、混乱的争论。我想这有两个原因，其一是问题本身固有的，其二是附加的，至少是理念上附加的。首先我想提一下理念上附加的原因，以后我们不再讨论它。这是基于一种观念上的考虑。19世纪资本理论长期争论的一个问题是：“利息率为什么是正的？”显然，与此相差不多的一个问题就是：“资本家为什么赚取收入，他们应当这样做吗？”从某种意义上说，19世纪资本理论有一种对利润提供一种意识形态上的理由的社会职能。我想你们能意识到，这种看

① 赖特(1885—1972年)：美国经济学家。——译者

② 卡尔多(1908年—　)：英国经济学家。——译者

法本身并没有指责那一个经济学家的动机，也完全没有评论其学说的科学有效性。但它谈了一些(并非全部)它们的特殊术语，以及有时它招来的阻力。

工人得到工作的报酬，资本家为什么得到报酬呢？"等待"间接生产过程的渗透，或"节制"一些近期消费有利于偿还或增加资本存量且能保持或加大未来消费。"等待"这样久而得到豪华汽车和高级休养地，而"节制"即便对稍怀疑的旁观者也不能引起同情，整个解释开始显然就象一场透明的文字游戏(事实上，我想"节制"是一种甚至比"等待"更令人厌恶的方式，虽则人们如果能除去道德或说教的语调，我认为这是经济学上一种比较有用的描述方式)。但即使这样，经济学家也没有理由因为对语言的反感而丧失概念。经济学家的最好"范式"之一，就是对价格或影子价格系统的资源配置含义进行分析。我们已学会使分析摆脱伦理学语调。资本理论中必须区分推算资本收益和资本家收入两者的概念差异。同经济学的其他地方一样，但这里相对来说更反常：理解资本主义经济的最好方式可能是设想一个社会主义经济。

这也是资本理论具有争议性的本质原因：它非常复杂且很困难。我认为奥地利学派将资本(和资本理论)等同于时间时做得过分了——它是一种有卓识而无用的简化——但是只有当我们试图考虑以某种主要方式涉及时间的生产过程时，才需要资本理论。我说的某种主要方式，意思是生产过程中存在时间因素的几种主要方式。加上时间因素便展现了许多部分生产模型以及仔细考虑生活中时间因素的某一方面而以忽略其他方面为代价。被当作不同资本理论的往往不过是时间因素在生产中作用不同方面的理想化。由于一些经济学家坚持设想葡萄汁而其他人则设想机器，一场激烈的争论便产生了。

在火星上阅读资本理论文献的人有时会倾向于认为，资本主

要由在产品出售前维持工人的消费者货物存量构成；有时他会觉得地球上的人们完全在酿酒和种树，所以资本主要由生产中的货物构成；有时他还以为我们中的大部分人认为资本由耐用资产如建筑物和机械等构成，即我们所称的固定资产。他还可能纳闷，在维克赛尔的研究中，为什么仔细分析斧子形式的固定资产的模型，而一点不注意所伐树的树龄（尽管他在大约30年前这样做过）；而庞巴维克似乎主要关心被伐树的树龄，一点也不留意伐树的工具。他一点不敢肯定资本形成期是否关系重大，生产是否象制造大象或蚊子一样。当然，事实是这样，资本主义生产的所有这些方面都是重要的，试图用其中一部分说明全体是无效的，但要同时研究它们全部则极端复杂。

如果这种结构的复杂性是我们与一种满意资本理论之间的全部障碍，则毫无疑义地说，荷兰经济学院和麻省理工学院的研究组以几年艰苦工作是能解决的。即使弄清尚不复杂的模型也有一种进一步的基本困难。资本问题不可避免地与不确定性、有限预见、对意外事件的反应等问题密切相关。人们必然承认，经济学在这里只是在表面上兜圈子。然而，如果对不确定行为没有一个满意说明，我们就不能有一个完备的资本理论。

从这一比较谦虚的观点来看，过去和现在的许多激烈争论似乎失去意义。利息率是否度量了“时间”的边际生产率或“资本”的边际生产率，或任何“事物”的边际生产率实际上不重要，因为利息显然以不同方式进入技术特性很不一样的生产过程。涉及固定资产的过程中生产时期是否有限或无限，或它是否可以很好地定义实际上也是不重要的，因为生产时期是用来对涉及主要为流动资本的生产进行分析的，人们不能指望它对研究固定资本有特别帮助。“资本”是不是生产的主要因素其实并不重要，“资本”如何度量的问题也不特别重要。没有理由假设，可以定义称作“资本”的

任意单一客体用一个数总括下述整个一系列事实：时滞、资本形成期、物资库存、在制品、制成品、不同耐久性的旧或新建造机械和建筑物、对土地或多或少的持久改进。只有一个天真地认为其中一个方面是资本主义生产的全部内容的人才会相信，理论可以归纳为定义某样事物为“资本”且称利息率为“它”的边际生产率。

那么，资本理论的适当范围是什么，如何阐明实际问题呢？

这个问题有两个答案：高级和低级。高级答案是，资本理论终究只是资源配置的基础微观经济学理论的一部分，有必要考虑商品在时间上可以转变为其他商品。正如资源配置理论的“对偶”是竞争价格理论一样，资本理论的对偶是涉及租金、利息率、现值之类的时际价格理论。在这两种情况下，一种完备的价格理论如果不是在人中间分配的理论，也是在生产要素中分配的理论。

我设想低级答案是，理论的提出要有助于我们理解实际问题，如果没有资本理论概念就不能理解的实际问题是同储蓄和投资联系在一起的。因此，资本理论的适当范围是阐述储蓄和投资行为的原因和结果。高级观点倾向为技术、分解和精确的，而低级观点倾向为货币、综合和近似的。

我持一种中间看法，在对待资本理论的上述两种方式中都看到了优点。我个人深被用低级观点描述的资本理论功能所吸引。但我认为常常发生这种情况：高级观点提供的看法对实现低级目标必不可少。特别是，资本理论是通常资源配置和价格理论的一种扩展的思想提醒人们记住现代微观经济学有两项内容：可以称之为描述和技术管理的、或实证和规范的。价格理论一开始是作为竞争资本主义经济中资源如何配置、收入如何分配的一种理想化描述。但正如你们所知道的，进一步的分析揭示了某些重要事实：如果你们试图不是从描述而是从规范或技术管理角度回答一个急于防止浪费的社会应如何分配稀缺资源，你可以重新发现借

助影子价格或效率价格的同样理论。这种思想方法渊源于很久以前，但是在现代关于线性和非线性规划的著作以及完全竞争资本主义理论在很多方面就是计划或社会主义经济理论这一悖论中达到其顶峰。

资本理论，也有技术管理和描述两个方面。我认为以简单且严格的方式描述这个问题的最容易和最可靠的途径是从技术管理方面开始。通过回答计划问题、配置问题，我们可以——正如我希望说明的那样——避开定义及其意识形态语调的许多令人困窘的问题。不确定性这一基本问题实际上不能避开；但既然不能面对它，只好真正把它忽略不计了。如果我设想出现许多无效争论是因为所提问题毫无意义是对的，那么计划观点可能是有用的。计划问题毕竟有一个答案。当然，得到这点显然有一些风险。毫无疑问，建立在计划基础上的资本主义理论同任何现实资本主义经济的实际行为没有关系。这种观点往往用来很成功地批评静态竞争价格理论。资本理论不可能避免同样的抱怨。但是，如果我们不用这种方式解释利润和工资的实际收入分配，我们能用低级方式回答储蓄和投资决策的后果，如果不是其原因的话。

投资收益率

我相信，如果从这种技术管理观点来考察储蓄和投资，那么资本理论的中心概念应为投资收益率。简而言之，我们实际上想得到利息率理论而不是资本理论。我并不认为重心的这种移动使资本理论更容易；但我坚信：如果资本理论集中在收益率上会使思想清晰，而集中在“时间”、或“资本”、或“资本边际生产率”、或“资本一产出比率”上只会导致思想混乱。照我看来，按照收益率，我们想要了解的储蓄一投资过程中差不多所有重要的计划问题都有明

确一致、或可能是近似一致的答案；而按照资本边际产出以及资本一产出比率给出的答案，有时正确，有时错误，往往引起误解。我认为，我的观点可以看作是维克赛尔和欧文·费雪① 思想的现代溶合。

我必须强调，我现在没有把投资收益率和资本主义经济中的利润率、可观察到的市场利息率以及收入的任意形式等同起来。它们有时可能一致，但无论如何，它是描述性理论的一部分。我采用的投资收益率的技术管理概念，完全同经济的制度背景无关。我最好用很平常的名词提出这种定义；以后，我要说明这个一般定义如何用于特别模型。

设想有一种经济，按照任何有相当良好行为的技术，生产单一消费者货物（它可能是各种基本消费者货物的有不变权数的集合）。有从自然资源蕴藏到具有各种特性和熟练技能的劳动力的很多种初始生产要素。我假设生产利用本身是被生产出来的有形资本货物如建筑物、机器和库存等；此外，消费者货物和部分或全部生产货物的生产涉及固定或可变的不同长度的延期。人们很难要求更加自由地描述生产技术了。现在设想，可以任意地规划当年在此经济中的资源配置。对我而言，一种资源配置意味着，可以完全描述某一时期的生产活动：生产多少消费者货物，用什么资源、资本货物和劳动服务生产；生产多少什么资本货物，用什么投入。我对这种任意的资源配置的全部要求是在通常含义下它必须是有效的，即使用现有劳动、资源和资本货物，不可能生产一堆资本和消费者货物，提供较多的某些有用东西而不减少其他货物。其中，有效性还意味着，不存在“非结构性”的劳动力或其他初始资源，或生产能力的闲置。

这种经济的计划机构能够且应当至少考虑所生产的消费者货

① 费雪（1867—1947年）：美国著名经济学家。——译者

物比计划略少一点的临近的有效资源配置，即包括比所计划略多一点的储蓄。由于所考虑的配置都是有效的，生产较少消费的配置也必然生产较多的至少某些品种的资本货物。为了明确起见，考虑比计划配置少 h 单位的现期消费的所有配置（其中 h 是一个小数）。计划机关必须超先设想。如果采用现期的计划配置，社会将在下一期保持某些初始要素供给和资本货物存量，因此对下一期有一个可能配置集合。设计划机关决定从这一集合中选取哪一个。称C_0 是现期的计划消费，C_1 是下一期的计划消费。经济在下一期的末端将拥有对时期2、3 以及以后的某些生产能力和潜力。

现转而讨论那些可能的现期配置，它生产的现期消费为 C_0-h，一般而言，它可能留下对下一期有用的更多生产能力。对这些可供选择的现期配置，选一个下期配置，它使经济在第 2 时期具有同所计划的现期和下期配置一样的（或有**等价**能力和潜力的，意思是一种资本存量和资源能产生的任意消费流可由其他资本存量和资源生产）生产能力和潜力。假设这种下期配置使下期消费为 C_1+k。k 可能是正数，这是因为可供选择的配置比计划配置有较多的现期储蓄因此也有较多的下期能力；在任何情况下，除非经济的资本货物已过饱和，否则对所有备择配置，k 不能是负数。最后，在现期消费为 C_0-h 且对第 2 期和以后有等价潜力的所有备择的现期和下期配置中，选一个下期消费超过计划配置对的最大收益的最大的 k。因此，现在损失 h 单位消费，社会可以在下一期得到 k 单位额外消费，且对以后无不良影响。在这种情况下，当然，我应定义一期投资收益率是 $(k-h)/h=k/h-1$。这是一种完全自然的用法。如果今年消费多节约 1.00 美元，在没有危及后来形势下，社会在第 2 年最多享有 1.10 美元的消费，就可以肯定地说社会在投资上的收益为 10%。

在进一步研究之前，让我作两个相当明显的说明。首先，技术

管理计划机关也可以考虑增加现期消费而不得不通过减少下期消费来作为代价，为了不损害较远的未来利益。假若这样，h和k均应是负的，而一期收益率能如前一样准确计算。如果技术很光滑，则储蓄增加或减少的收益率近似一致；随着h变小，两者更加接近。但是，在不这样光滑的线性规划型的具有良好行为的技术中，即使h非常小，收益率的上升和下降也不一样。如果技术表明是规模收益不变、并且有充分的递减报酬，则储蓄减少的收益率将超过储蓄增加的收益率，如果它们有所不同的话。

其次，我把讨论限制在组成未改变的消费束上，仅仅是一种简化说明。如果有多种消费者货物，既然计划的现期配置是有效的，则意味着它们间有一定的边际转换率。（如果配置关于公民或技术管理者的偏好是帕累托最优的，则这些转换率同消费的边际替代率一致）。对储蓄的一个小变化，按照任意一种消费者货物、或任意组成的小量消费者货物束的加减，在边际计算收益率就够了。之所以这样，是因为以下同样的原因：在静态生产理论中，当成本减至最小量时，不管如何得到小量产出增量，边际劳动成本等于边际原料成本、等于边际设备成本、等于边际成本。在不光滑的技术中，情况不是这样简单。

迄今为止讨论的概念，显然是一期或短期收益率；似乎经济能在银行帐户中存入消费者货物，并且在年终连同利息取出来。正如我已定义的那样，收益率是对银行一年存款所付的利息率，只有银行实际上是经济中采用资本的生产过程的一个完全集。（在一种有角隅和跳跃的技术中，赚取额外存款的利息不同于损失额外提款的利息，两者的差别可能不小。在这种情况中没有含混不清之处，但描述比较复杂。人们不应处死带来世界是复杂的这一坏消息的理论信使。）

有理由称这些一期收益率是基本的收益率；这是因为，在高度

发达和复杂增长的经济中，每一期都要重新考虑储蓄一投资决策，而且它们容易改变或者取消；因此，即使对一个长期且复杂的投资规划可能用一系列聪明选择的短期规划复制。不过，有时通过选择，有时由于技术的必要性，计划机关可以比较超过两个时期的备择与计划配置的消费流。对享用现期储蓄增加的果实的时间方面的选择很广泛，以致令人不便。对其中的一些选择，容易定义储蓄一投资初始行动的收益率。如果一个可供选择的方案是现在多节约 h 单位消费，保持下期消费在计划配置同样的水平 C_1，在以后时期消费可能消费的一切—$C_2'=C_2+k$—并服从 $C_3, C_4\cdots$ 必然从此以后在试验计划配置同样的水平的约束，那么对这两年投资过程的每期平均收益率定义为 $k/h=(1+r_{t2})^2$。十分类似地，如果计划机关决定现在储蓄，在 $n-1$ 时期返回到计划消费水平，则可在第 n' 个时期挥霍掉所有东西(在以后时期服从同样的保证)；如果 C_n 是第 n 个时期初始计划的消费，C_n' 是备择规划下可以消费的最大值，则 n 期平均收益率必然是 $(C_n'-C_n)/(C_0-C_0')=(1+r_{tn})^n$ 的解。如通常一样，我假设 C_0-C_0' 很小。

至少在原则上存在其他容易的情况。计划机关可以选择损失额外的 h 个消费单位，然后，再如此安排，以便能永久地在每一时期的以前计划消费中加上一个常数量。因此，我们有 $C_0'=C_0-h$，$C_1'=C_1+p, C_2'=C_2+p$，等等。如果 p 是可以保持的永久消费增量的最大者，则用 p/h 描述永久的平均收益率是自然的。后面，对一个特殊的模型，我将进行这种特殊的计算。

更复杂的时间剖面用唯一的每期收益率概括是比较困难的。选取初始的计划消费流的任意代数增量流，一些为正，一些为负，找到使它成为可能的现期储蓄等于它的现值的利息率是有意义的；事实上，这就是边际投资效率或内部收益率。当然，可能遇到这样的困难，如果计划消费有正同时有负的变化，那么对单一备择

消费计划可能有不止一个边际投资效率。它可能遭到更加严重的反对，因为它往往导致不正确的决策。最佳程序是不用内部收益率。基本材料是短期、按工艺定义的收益率，所需一切可以从它们构造出来。它们不需要平均为某一个全面数字。

正如我将在下一讲讨论的，当人们考虑出现技术进步的经济时，复杂的多期消费规划的这种困难将进一步加深。即便没有技术变化，问题的性质可以通过以下事实说明——正如我所定义的那样，甚至一期投资收益率依赖(可能敏感、也可能不敏感)于初始规划中这一期和下一期的消费水平。对长期而言，现在储蓄—投资边际活动的收益流更加依赖于无论以何种方式编制的未来计划。这种依赖主要反映了如下事实：我正考虑一些围绕预先存在的情况的小量变化，正如往常在静态经济学中一样(并且除去影子价格的解释外，这个约束不是严格必要的)。但是，由于时间在我的问题中扮演一个角色，我必须非常详细地说明基本情况，从那里可能发生位移。

这是一个执行问题而不是一个原则问题，我认为它既不令人惊诧也不很重要。第一，它显然并不说明计划问题没有解。抽象的技术管理者或计划者从不忧虑如投资收益率一样的有益的小工具。他“只”须考虑渊源于事物目前状态的经济的所有未来可能的时间侧面，除去明显无效率部分，并在其余部分中选一个最佳(最偏好)的。期望这个很一般的程序变成计算一组收益率和一组时间偏好率且互相比较，这是完全没有理由的。但是，一个中级经济学家可能希望有这样一个程序，这是因为一个简化模型可以得到对他而言足够好的一个近似结论。(说到简化和过份简化模型间的细线，我不能比英国哲学家 J.L. 奥斯丁所述的更好：“……我们必须竭尽全力以避免过份简化，如果它不是哲学家们的职业，人们可能总想称之为哲学家的职业病。”)

这是稳定状态的特殊概念在19世纪资本理论中发挥的作用。它提供了一类简单方便的基本情况，从中人们能够容易计算可能的位移:既可以从一个定态到临近它的一个定态，又可从一个定态到轻微偏差，然后再返回同样的定态。在现代方式下，人们更喜欢以自然增长率平衡增长、并且经过考虑小量位移的同样程序的状态类作为我们的基本情况。我推测，一般经济学家有可能面对的大多数问题，一些自然的比较将自己出现。我已经提到这种可能性，在一个复杂的现代经济中，一期收益率有可能特别重要，因为决策相当快速地自我再生。总之，这两个优点合起来提示我，对资本理论中的许多宏观经济问题，考虑比如说一年的投资收益率，以及持久收益率，或者这两者间的10年收益率就够了。

我已经提示，对中级资本理论而言，关于储蓄和投资行动的收益率是一个良好的起组织作用的概念。采用这种方式考察资本理论的优点之一在于，人们可以自动避开长期以来缠绕这一经济学分支的大部分或全部、实际或想象的"问题"。特别是，在我看来，计算收益率不再需要"资本"存量的度量了。更重要的是，一个仔细的人将看到，即使不提名词"资本"，也可以描述整个过程。当然，如果存在具体的资本货物、或存货、或延期，则它们将影响现期消费货物束转换为未来消费货物束的比率。在一定的技术环境下，不需要识别或测量一般资本的存量，除非这样做是自然的。如果经济产生市场价格，或者，如果分析过程产生某种效率价格，则加总反映资本货物存量的市场(或其他)价值的不同价值额是无害的。但是，这类价值额不是属于生产函数且有边际产出的某种东西的意义下的"资本"。类似地，理论上可以证明，投资收益率等于利息率，后者定义为某一货物流之值与资本货物存量之值的比率。但是，它又可能不是。总之，所有这一切开始属于资本的描述性理论。我对"资本"的度量问题不再出现在我的理论中感到满意。

有时也有人认为，新古典资本理论必须依赖于这种明显可笑的假设：在一种机器可以瞬时或无成本地转换为任意其他种机器的意义上，资本货物是“可塑的”；或者，在同质产出的生产中，特定资本货物可以光滑替代劳动力和其他投入。这一思想就是说，为了计算某种称作其边际生产率的“资本”，“可塑性”是必要的；为了计算“它”的边际生产率，“光滑替代可能性”也是必要的。我想，你们已看出，这两种说法均是错误的。象可塑和光滑替代这样的极端假设使新古典资本理论较容易（但很难说它们是否给出不好的扭曲的结论）；但它们对该理论不是主要的。一旦新古典资本理论可以围绕收益率概念建立——包括伴随的效率价格理论，以及有可能等同于市场价格和利息率——它可以容纳形式和比例两者的固定性。

约翰·贝兹·克拉克的象随时间自我转换的一种膠体的资本图景中的有用真理的核心在于，在时间过程中实际上有点象这种事发生，例如资本货物耗尽以及用不同资本货物替代。这一过程的严格解释是这样的：高度特定性资本货物的情况下，与现在和最近将来相关的一期收益率可能突然跳跃。一旦人们看未来愈来愈远，则替代可能性愈来愈光滑，收益率差别也变小。

这些是按照收益率思考的负方向的优点。我想也存在正方向的优点。对微观经济层次的合理规划，不论是厂商还是同特定的投资项目有关的政府机构，公认没有什么东西可以代替详细技术和经济关系的知识。但是，在比较宏观的经济层次，也没有什么东西可以替代综合统计。我觉得，有关全面消费率以及投资范围选择之类的制定高层决策的需要，最好采用收益率形式的信息来解决。人们可以使偶然出现的证明资本—产出率和新增资本—产出率或有时出现的其他这类数值有意义的唯一方式，是假设它同投资社会收益率的一种或另一种含义初步近似。如果真是这样，有许

多理由使人相信，它们实际上是非常粗糙的近似，经济学家有责任做得更好。人们只需要寻问：合理的储蓄一投资决策是否与涉及到的结构和设备的耐久性或者所需的劳动力和原料的补充投入无关。答案总是否定的，即在一切情况下，收益率是社会所面临选择的有用指标，而资本一产出率不是。

（我还应加上实际资本的一个技术管理理论，强调投资收益，具有联结改进资产偏好和货币宏观动力学的描述性理论的现代努力的优点。特别是，詹姆斯·托宾最近的研究工作转向收益率的关键概念，它是诱导公众情愿保存现有实际资本量以及现期储蓄贡献的增量。他还考虑这种需要的收益率如何依赖于公众公文包中的金融资产量以及财政和货币机构的行动。我考虑实际资本货物存量能够提供的收益率，以及它如何依赖于技术变化以及过去储蓄的积累。理论的这两部分恰当地联在一起了。）

一些例子

我现在必须给出一些例子——不是根据不同的实际背景而是根据不同的模型或理论情况——而推迟有关技术进步的讨论到以后。

最熟悉的模型是一个经常被批评的模型。让我们考虑一个经济，生产一种满足所有目的的商品，它可以消费或作资本货物，或与一个持续变化比例的劳动力结合以更多生产自身。假设商品存量的一个固定比例每年消耗或折旧，并与年令无关。（这是一个非常重要的简化假设。如果不这样假设，存量中包含的生产可能性流量不仅依赖其规模而且依赖其年龄分布。投资率的任何变化扰乱年龄分布并要花费很长的时间恢复它，或用很长的计算以证实两个稍微不同的资本存量实际上包含相同的生产可能性。）

在时间0，经济拥有满足所有目的商品存量的数额为 S_0；计划机关可支配的劳动力为 L_0 人一年。两项合在一起，有一个产出 $F(S_0,L_0)=Q_0$，其中 $F(S_0,L_0)$ 是教科书中标准的光滑生产函数。Q_0 可以任意分为消费 C_0 和总投资 I_0，故 $Q_0=C_0+I_0$。如果这是技术管理者规划的，则在下一期将处置存量 $S_1=(1-d)S_0+I_0$，其中 d 是现有资本的死亡率。他们还用劳动力 L_1 人一年，并假设是外生的。因此，可以选 $C_1+I_1=Q_1=F(S_1,L_1)$，并且进入第2期 $S_2=(1-d)S_1+I_1=(1-d)^2S_0+(1-d)I_0+I_1$。

现在假设，让我们考虑把 C_0 减少到 $C_0'=C_0-h$。在第1时期，可用存量变为 $S_1'=S_1+h$，且总产出提高到 $F(S_1+h,L_1)=Q_1+hF_1(S_1,L_1)$，其中 $F_1(S_1,L_1)$ 当然是基础规划下的第1时期存量和劳动力规模的资本的边际总生产率。(这一模型是过份简化，但在此模型中，我可以说资本的边际生产率而不感到为难。)现在，对策规划要求我们(或规划者)使第2时期的存量等于 S_2。什么是将允许它的最高消费 C_1' 呢？通过算术运算，容易得到：$S_2=(1-d)S_1+Q_1-C_1=(1-d)S_1'+I_1'=(1-d)(S_1+h)+Q_1+hF_1-C_1'$，故 $C_1'=C_1+h(1-d)+hF_1$。或者可以简单地说，第1期允许的超额消费是生产的超额产出加上第0期的储蓄除去已经消耗掉的那一部分的超额资本存量。因此，超额消费为 $h(1-d+F_1)$，一期收益率为 $h(1-d+F_1)/h-1=F_1(S_1,L_1)-d$。因此，它是第1期资本的净边际产出，这可能没有任何人会惊奇吧。

我选择一个高度简化的模型作为第二个例子，它的技术不允许直接在劳动力和资本间替代。我似乎觉得，在实际生活中，适当的假设有点象短期的不变技术系数规则和长期的一个相当宽泛的替代规则。但我现在的目标是简单地通过例子说明，投资收益率的存在性和意义不依靠定义“边际生产率”或在生产要素间具有光滑可变比率的可能性。这一模型来源于戴维·沃斯威

克①。

考虑生产单一消费者货物或一束消费者货物的一个经济。对消费者货物的生产，已知有两种技术。其中之一是原始手工法，一个人工作一年可以生产 b 单位可消费品。第二种方法采用机器：使一台机器运行需用 n 个人，它们一起一年可以生产 nc 单位可消费品。机器本身只由劳动力单独生产（这种假设极大地便于我采用的代数运算，而对我的论点并非必要）。工作一年的 m 个人可以生产一台机器。我将假设全部现有的机器的一个分数 d 在年终因折旧而消失，而其余的 $(1-d)$ 在下期继续使用。

假设劳动力的总供给是固定不变的。技术管理者共安排 L 个工人，其中的 L_M 个从事机器生产，L_c 个使用机器生产消费者货物，L_h 个用手工生产消费者货物。因此，$L_M+L_c+L_h=L$。为了明确并简化，假设规划要求这种划分没有变化。设 M 是现有的机器存量。如果保持这一存量，机器的年产出必须是 dM，因此 $L_M=dmM$。由于所有 M 台机器用于生产消费者货物，我们有 $L_c=nM$。最后，如果 C 是消费者货物的年产出量，则有 $C=ncM+bL_h=cL_c+bL_h$。

现在让计划机关考虑为未来消费而牺牲一些现在消费。得到这点的自然而唯一确实明智的方式是，把一些劳动力从手工生产消费者货物转到用手工生产机器。在此模型中，可消费品的手工生产部门的主要功能是提供可以转移到生产机器的劳动力储备。假设我们考虑转移一个工人。那么，C 将减少 b 单位，即储蓄行为是放弃那个工人可以生产的 b 单位可消费品。转移的工人将生产 $1/m$ 台机器代替。这样，下一期的机器存量将增至 $M+(1/m)$。

问题是：如果这种超额储蓄从没有出现，到期末机器存量应当如何，与此对比，现在下一期可能有多少超额消费呢？答案是完全

① 沃斯威克（1916年— ）：英国经济学家。——译者

直接的。机器存量由于折旧将减至$(1-d)(M+1/m)$。为了在期末使其恢复到稳定水准M，需要生产$dM-(1-d)/m$台机器，因此，要$dmM-(1-d)$名工人工作。另一方面，为使$M+1/m$台机器运行，需要$nM+n/m$名工人。现在，留下用手工生产消费者货物的工人数为$L-dmM+(1-d)-nM-n/m$。此数超过此行业原有人数$(1-d)-n/m$，它可能是正数，也可能是负数。总之，在第2时期消费者货物的总产出比在原规划下它应有的数超过$(nc/m)+b[(1-d)-n/m]$。由于初始消费损失数是b，根据我早期给出的公式，收益率是$nc/mb-n/m-d=(n/m)[(c/b)-1]-d$。

在此例中，容易计算永久收益率；我这样做，是说明在稳定条件下，一期和永久收益率(以及所有中间收益率)是相同的。除去为了在新水平上保持机器存量为$M+1/m$——需要把机器年产量提高到d/m，而这需要把m个工人永久地加到机器生产部门——外，说明跟以前一样。从现在起，使用机器的部门需要n/m个新工人。他们生产的消费品比以往高nc/m。因为一些人力必须永久转移到置换或运行新机器，在相反方向必须从手工部门勾销永久失去的产出$b(d+n/m)$。因此，对b单位消费的初始损失，社会可实现$nc/m-b(d+n/m)$单位可消费品的永久流。因此，正如以前一样，收益率为$nc/mb-n/m-d$。

第一个模型是完全新古典的，收益率等于边际资本生产率的模型，似乎不必花费时间去指出它同市场经济理论的联系：在一个完全资本市场中，唯一可能的均衡利息率是等于投资收益率的利息率。在第二个模型中，完全同样的事实成立：在竞争均衡中利息率必然等于投资收益率。由一台机器、n个工人生产的nc单位消费者货物，必须包含n个工人的工资、机器的折旧以及机器价值的利润或利息。因此，$nc=wn+wm(d+r)$，其中，现在w是以消费者货物计算的工资，r是未知的利息率，wm显然是机器所冻结的"资

本价值"的数额。但是，消费品计算的工资固定于 b，由于一个工人在手工部门能独立生产 b 单位消费品；不管经济的制度背景如何，只要有任何人在手工部门工作，把一单位劳动力加入机器制造和使用部门的机会成本显然是 b 单位消费品。于是，$nc=bn+bm(d+r)$，这意味着 $r=nc/bm-d-n/m$。因此，尽管这样没有定义边际生产率，唯一可能的均衡利息率是投资收益率。

我可以继续列举更复杂更有趣的生产模型：区别投资货物部门以及消费者货物部门，引入制造机器的机器，或可能有不同种机器，其中一些比其他更"机械化"，考虑到投入和产出间的时滞，考虑不稳定的初始情况。结论总是非常一致。不作任何含混的"资本的度量"，在本能和观察导致人们作出的任何技术假设下，有可能考虑并回答我所提出的关于资本理论的中心问题。什么是从一些超额储蓄有效地转化为资本形成给社会带来的效益？

这不仅是一个所要提出的安全问题；它还是一个重要问题。直到找到如下问题的近似答案之前，我不能看出一个国家如何能有合理的投资决策：储蓄的社会收益率是什么？存在储蓄和投资的私人和社会收益的实质差异吗？长期节俭的长期结果是什么？为了答案同现代经济条件有关，第一个必要条件是看资本理论的这种观点是否可以延伸到出现技术进步的情形。在下一次讲演中，我提议讨论这一问题。

第二章　收益率和技术进步

引　　言

在前一讲中，我试图说明，如何发展资本理论而摆脱那些在讨论中频繁出现的有关“资本”度量、“生产时期”的定义以及其他的“基本”批评。这一技巧是集中研究储蓄和投资决策的结果，这也表明，按照投资收益率进行分析的高明之处——这是一个无量纲数(单位时间)，并且这意味着不管我们在模型中如何选择以实现资本主义生产过程理想化的方式，这个数总是有意义的。用这种方式来观察资本理论也不要求我们放弃诸如“资本深化”或增加资本密度导致利息率减少(或反过来)这类含混但有些道理的概念。但是，我应重新措词，大致说：如果有两个初始完全一致的经济，其中之一实现了使产出的消费比另一个少，则经过一段时间以后，高储蓄经济的投资收益将低于而实际工资将高于低储蓄经济。如果我们设想计划经济，我们可以避免同如下事实联系的所有困难：试图更多储蓄在市场经济中可能导致实际储蓄的减少。

在这次讲演中，我试图说明，当发生技术进步时，今天早晨我采用的资本理论方法应如何建立。要做的第一件事可能是告诉你们注意现代宏观经济学家所采用的名词“技术进步”的特殊含义。在日常语言中，所谈论的技术变化主要指单一的不连续的发明 例如电灯、汽车、电子计算机等。有时，技术进步以全新产品的发明形式出现，例如电视机；以生产基本不变的制成品的新技术形式出现，例如银行的机械化或把人造纤维布引入服装业。但是，在综合统计中这种风味大部分消失了。

给人以在过去6至7年内发明了技术进步思想的经济学家，在思想上更加平凡，他们心中所想的应当用平凡词组"单位投入的产出增加"来描述可能是唯一正确的。它是一种以下述方式出现的统计加工法。我们希望考虑可能是美国、也可能是荷兰经济中生产能力的长期增长的原因。为此，我们要列出或多或少完全的决定性因素或投入清单。如果这一清单确实是完全的，意思是生产能力实际上是这些投入的一个函数，则在代数问题上，生产能力的增长率是投入增长率的加权和，权数是能力产出相对于每种投入或决定性因素的弹性。如果规模收益不变，意思是所有投入（包括例如教育质量因素）加倍或减半将使社会产出加倍或减半，那么弹性相加等于1，加权和变为平均加权。

现在，当经济学家试图以这种方式考虑国民产出增长的原因时，总要留下不容易解释的一大笔余额。产出增长率通常超出人们合理归属的现有的特定投入清单。这一差额，就是我们称之为单位投入的产出增长率，或更形象地说，就是技术进步率。显然，投入清单越完全，余额就越小。选择一个例子，为美国作的第一次这类研究用限于资本和劳动力的一个投入清单。资本用一种传统的时间序列数据测度，旨在给出耐用资产存量的实际再生产成本，劳动用人一小时的总量供给给出。本世纪初道格拉斯的早期研究似乎表明，这两项投入可以"说明"所有增长。但在最近时期，人们发现，两项宽泛的投入合在一起可以说明大约一年1%的国民产出的增长。由于国民产出的长期增长率是大约一年3%，这便余下一年2%作为单位投入的产出增加余额。最近，E.F.丹尼森已作了更加详细的分析。特别是，他把投入清单延伸到包括劳动力投入质量的三个决定性因素：正式教育，劳动力中妇女的更有效利用，较短工作小时对劳动生产率的实际效应。人们可能对丹尼森作出的特定统计近似计算争吵不已。但是，一般结论是人们期望

的：经过这些质量要素修正过的劳动力投入的增长，比人一小时的传统投人的增长要迅猛得多。这些新的决定性因素能够说明一年的国民产出增长中的1%强，因此，单位投入的产出增加余额从一年2%减少到一年小于1%。

可能在充分努力下，这一余额能够减至0。当然，这并不意味着技术进步没有长远重要性，它仅仅意味着把它的效果归属于研究活动使用的资源以及科学家和工程师工作的小时数。我怀疑这一实际情况。但是无论如何，即使完全不出现余额，也不应忽略我这次讲演讨论的问题：当我们认识到技术确有变化时，计算社会投资效益的方法有什么差别呢？通常假设技术是自动变化的；在最纯原则上，存在一种产生技术变化的有意的资源配置——人们可以认为这是一种超技术。在这种超技术中，适当考虑风险后，有形资本的投资以及产生技术变化的投资可能扩大到一个点；一点额外资源束将在两种用途中赚取同样收益率。但在这两种情况下，都将影响储蓄的社会收益。

所研究的问题至少有三个基本方面。首先，研究把技术变化"嵌人"资本主义生产模型的备择方式。这里得到的结论不仅影响事物的理论方面，而且还影响试图把技术变化的贡献从统计资料中分离出来的经验程序。

于是提出第二个问题，在这种模型中如何定义并计算投资收益率。与没有技术进步对比，这是一项并不十分明确的任务，因为现在人们对什么应当保持不变不甚清楚。当不出现技术变化时，保持投入为常数就是保持产出为常数。那就是稳定状态为什么是这样一种方便的、如果不实际的比较标准的原因。但是，当单位所有投人的产出增加时，则这是包括在增长问题内的；投入不改变，产出可能增加；自然的比较标准不一定是稳定的，事实上，不可能在所有方面稳定。

本次讲演涉及到的第三个问题是，私人和社会投资收益率是否存在差异趋势。当然，这种外部性的可能性和技术进步的事实间不存在必然的联系。关于外部经济和不经济，间接税，有丰富的文献；它们造成了一些经济活动的社会成本或效益与行动者的可实现私人成本或效益间的差异。这种分析能够引伸到投资行动只有很小变化。但当持续有技术进步时，出现社会和私人收益不一致的新的和不同的方式，由于政策理由，能够区别假设私人经济将发生投资过多或投资不足与没有这种假设的情况是重要的。

关于技术变化的分类

技术变化的大部分理论讨论是研究技术关系以劳动力一节约或资本一节约或中性方式移动的分类。我在后面要说到这些，现在，我首先要向你们介绍文献中以及生活中可以找到的另外的区别。

当我们以经济学家的抽象思维方式来考察技术进步时，自然会设投入沿坐标轴量度的以及一族具有传统形状的等量产出曲线的一幅标准生产图，并且说当出现技术进步时，等量产出曲线族以给定投入可以生产更多产出或同样产出可以用较少的投人生产的方式移动。这仿佛是，一家奶酪工厂的工人一早起来，步行到昨天下午离开的同一家工厂去，发现现在他们找到了生产更多奶酪的聪明方法。这可能不象听起来那样令人难以置信。瑞典经济学家伊里克·伦德伯格报告过，瑞典的铁厂，大约15年内没有进行新投资，而哈罗德生产率（每人一小时的产出）以平均每年大约2％的速度增长。对这种产出的增长来源，有一些问题。正如阿罗所指出的，它代表一种靠经验的学习，每单位产出对未来产出的生产作出一些贡献。或者它可能简单地反映时间的流逝、工作习惯以

及技巧的改进、或者工厂内微小的改组。或者它主要反映人一小时工作的质量改变、由于教育或者标准小时的变化。

不过，公平地说，每单位不变投入的这种产出增加不能很好反映世界上在技术进步的名义下实际所发生的事情。较常见的是一种技术改进需要具体投入，特别是资本投入，改变其形式，有时产出也如此。奶酪生产的技术变化更加有可能涉及到使用新型设备的新工厂的建造。可能很难说是否有更多或更少的设备；为了许多目的，一种再生产成本的度量就够了。我曾称这种技术变化为"具体体现的"，而其他一种纯组织性的技术变化，可以称为"非具体体现的"。

我承认有具体体现的技术变化，但很难说，单位"资本"的产出是增加或减少，或生产的新方法是否比以前更多或更少资本密集。既然第一讲的整个观点是把资本理论从依赖于这类陈述解放出来，我不认为那种承认是有害的。但是，技术进步主要是具体体现的还是非具体体现的，总投资是不是把新知识引入生产过程的主要媒介，完全不是一个形而上学问题。如果不是这样，那么一个定态经济，或者甚至一个用常规方法度量的总投资为零的经济，将发现其生产率增长和一个把其能力的一个实质部分配置到传统度量的净投资的增长经济一样。*如果是这样，那么投资行为有双重目的，增加对未来生产有用的资本货物存量并且使那个存量更现代化一点，或者提高供使用的技术的平均水平。

尽管似乎对我而言偶然观察的大量证据有利于具体体现技术进步模型，似乎两种模型的任何一种都能同样好地解释宏观经济

---

* 有必要在这里加"常规度量"的形容词，保罗·萨缪尔森指出，这是因为，如果"收入"适当地定义为没有减少未来消费潜力的最高可达消费水平，那么其消费潜力在提高的一个经济不能把其收入全消费掉。

事实。由于未具体体现模型的统计实施容易一些，人们就试图采用它。然而这两个模型对例如一批投资波动的短期结果有明显不同的含义。麻烦在于，历史从没有给我们足够的此类实验足以提供很强证据来判断哪个模型较好符合事实。然而，对每一个技术管理者以及每个独立的观察者，这是一个喜欢知道其答案的问题。

有未具体体现技术进步的收益率

未具体体现技术进步的情况是明确的。我首先考虑第一讲中讨论过的完全总量模型。最近对计算每单位投入的产出感兴趣的浪潮明显或不明显地依赖于这个总量生产函数随时间移动的概念。当然，这一模型早在 1941 年就由丁伯根教授分析过，从那以后，还被这里的费尔多恩和克拉森教授，以及美国和欧洲国家的许多作者阐述过。

在任何给定的技术水平下，如前所述，整个总产出依赖于劳动力和资本的投入。但是，既然我们现在对技术水平的变化感兴趣，在我们的生产函数中，我必须明确表示它。于是，有 $Q=F(K, L; T)$。参数 T 表示技术水平。我们通常设想 T 随时间变化，或者甚至它自身是时间。但这不是必要的。我们一样能够设想我们从一个大陆移动到另一个时 T 在变化。如果生产函数表示一个特定的微观经济技术，例如象生产奶酪的那种，人们可以期望技术水平 T 在一段时间内保持为常数；当出现一种革新时，可以突然变化。但是，在一种宽泛的综合统计下，考虑技术的总水平随时间逐渐且光滑地变化可能更自然。在此模型中，技术变化的未体现特性明显可以从生产能力依赖资本积累数量而不是其年令的事实得出。

为了计算一期收益率，我们进行一项标准练习。在时间0，储蓄产出的边际数量 h 把时间1的资本存量扩大为 K_1+h，产出扩大为 $Q_1+hF_1(K_1,L_1;T_1)$。新增的可能消费是产出增量自身，加上原来储蓄的资本中的残存部分。因此，收益率为 $[hF_1(K_1,L_1;T_1)+h(1-d)]/h-1=F_1(K_1,L_1;T_1)-d$。如前所述，在时期1的主导技术水平上，一期收益率 r_1 是资本的净边际产出。通过一个十分类似的计算表明，二期收益率是 $(1+r_2)^2=(1+F_1(K_1,L_1;T_1)-d)(1+F_1(K_2,L_2;T_2)-d)$ 的解，而 n 期收益率满足 $(1+r_n)^n=(1+F_1(K_1,L_1;T_1)-d)(1+F_1(K_2,L_2;T_2)-d)\cdots(1+F_1(K_n,L_n;T_n)-d)$。

如果作出如下两个熟知的假设，含意将变得更明显一些：首先，生产函数是柯布-道格拉斯型的；其次，函数的移动以常数几何增长率并以"中性"方式发生。因此，$F(K_T,L_T;T)=(1+\lambda)^TK_T^{\alpha}L_T^{1-\alpha}$；对时间0储蓄的一个增量，我们有 $r_1=\alpha(1+\lambda)(L_1/K_1)^{1-\alpha}-d$，$(1+r_2)^2=(1+r_1)[1+\alpha(1+\lambda)^2(L_2/K_2)^{1-\alpha}-d]$，以及 $(1+r_n)^n=[1+\alpha(1+\lambda)(L_1/K_1)^{1-\alpha}-d][1+\alpha(1+\lambda)^2(L_2/K_2)^{1-\alpha}-d]\cdots[1+\alpha(1+\lambda)^n(L_n/K_n)^{1-\alpha}-d]$。

关于这点，有些特别。随着时间的过去，储蓄的一期收益率似乎变得不定多大，这是由于技术进步因素 $(1+\lambda)^t$。一旦人们选取愈来愈长的时期，n 期收益率也会变大。但这不必然是真的，其解释表明牢牢记住保持什么为常数如何重要。在我们正预期变化的计划发展附近，它完全依赖于 L/K 发生了什么情况。假设从一个时期到另一个时期用于储蓄的产出份额几乎是常数，并设劳动力投入以近似几何增长率 g 增加。则众所周知在长期内产出和资本存量将以"自然"速率 $g+\lambda/1-\alpha$ 增加。于是，显然 $(L/K)^{1-\alpha}$ 将以每期接近 λ 的速率下降，因此，投资收益率将近似为常数。关于这点，并非不可避免；刚好发生的事是，在此模型中一个常数投资

定额带来恰好足够的资本深化抵消了技术进步对收益率的影响。即使这样，技术进步率越快，收益率越高是很可相信的；这点还可以严格证明。就以下短期意义而言，这是真的：任何技术进步的短暂加速意味着，对现有的 L 和 K，现期投资的收益率较高。就以下的长期意义而言，它也是真的：对同一储蓄率，即使在经济已适应较高的技术进步率，投资收益率将更高。

简单固定近似的数量级，如果 α 大约为 1/4，资本—总产出率大约为 2，折旧率为 5%，则一期收益率每年大约是 7.5%。如果技术变化率突然提高了一个百分点，即一年内从 2% 提高到 3%，则短期收益率几乎提高一个百分点，即提高到一年 8.5%。

当然，在此模型内，人们不能简单指定一个储蓄率和资本—产出率。任意这类组合在短期内是可能的，但是经过一定时间维持一个指定的储蓄率并且给定劳动力投入和技术水平的增长率，将导致一个特定的资本—产出率和一个特定的投资收益率。在我们正在分析的模型内，新投资的收益率最终由价值 $r=(\alpha/s)[(\lambda/1-\alpha)+g+d]-d$ 确定，其中 s 是总储蓄率，n 是劳动投入的增长率。因此，对 $\alpha=0.25, s=0.10, \lambda=0.02, g=0.01, d=0.05$，我们计算的收益率大约等于每年 $16\frac{3}{4}$%。如果 λ 每年从 2% 提高到 3%，则收益率上升 3 个百分点多，提高到每年 20%。

如果这些收益率显得令人难以置信的高，我们可以使其较低一点：如果 $\alpha=0.20$ 且 $n=0.005, \lambda=0.02$，年收益率要减至 11%；如果年技术进步率提高到 3%，则年收益率为 $13\frac{1}{2}$%。如果我们计算时要使储蓄率较高、折旧率较低，它们还可再低。我如此取值，是因为对我来说在这种计算中把房屋从资本存量中排除似乎更自然；因为房屋所有得到的大部分收益是非金钱的，或者至少在我的国家中有纳税方面的好处。

我或许应当明确提醒你们，关于较快技术进步以及较高投资

收益率之间关系的这些结论依赖于假设技术移动是"中性"或"一致"的或至少是非资本一节约的。

在第一讲中，我曾花费一些时间讨论了这样一个模型：储蓄采取劳动力从手工生产部门转移到机器生产以及机制消费者货物部门的形式。那不是一个很方便的工作模型，这主要由于它完全不能使自己适合于作经验分析。因此，我不再详细讨论它。但是，为此占用几分钟是值得的，因为它揭开了隐蔽在完全总量模型中的未体现的技术进步的一些内容。

让我们回忆该模型的基本结构。在手工生产部门，一个工人每年生产 b 单位消费品。在机械化生产部门，n 个工人和一台机器每年生产 nc 单位消费品（显然，$c>b$；否则，手工生产部门的产出大于机械化部门的产出，简言之，机器生产不是有效的）。机器制造部门也是手工生产，m 个工人可以在一年内生产一台机器。由于更新总共需要现有机器存量的 $100d\%$，在定态条件下机器生产部门的就业量为 mdM，机器使用部门的就业量是 nM；因此，经济的工业部门的总就业量为 $(md+n)M$。如果这便是经济的全部内容，则我们会对净储蓄的可能性不感兴趣。如果相对于现有劳动力而言有比所需比例指示的更多的机器，那么维持及运行它们是不可能的。如果只有不足比例的机器，则剩余劳动力实际上可以认为在 $b=0$ 的"手工"部门工作。"储蓄"的收益应为无限，因为牺牲消费不再是必要的；剩余劳动力可以建造并且操纵机器。

为了引入正常储蓄和投资的可能性，我们可以加上 $b>0$ 的手工消费品部门。于是，不在使用机器或制造机器的那部分劳动供给受雇于用手工进行消费品生产；消费品的总产出是 $C=bL_k+cL_c$。则投资是由原始部门转移人到机器使用和机器制造部门。直接社会成本是应当在手工部门生产的消费品的损失。收益是扩大工业部门后的产出流。

在此经济中，储蓄的收益率是$(n/m)[(c/b)-1]-d$。技术变化可以采取任何描述经济的技术参数的变化形式。显然，收益率只依赖于n/m和c/b之比率。如果n和m加倍，c保持不变，则仅仅意味着，两倍的人建造两倍大的工厂，需要两倍的工人，产出也加倍；换言之，什么也没有变化，除去我们所选的称之为机器或工厂的规模外。如果c和b均加倍，则生产率真正增加。如前一样配置现有劳动力，消费品产出加倍。但是收益率没有任何变化，因为不但把一个人从手工生产转换到机器生产涉及到的消费牺牲，而且这样做的报酬也要加倍。

最接近总量生产函数中"中性"移动的那种技术变化是c的简单增加，c为机械化部门每人所生产的消费者货物的产出。于是，不影响劳动力在部门间的配置。如果变化发生在时刻0，那么一直沿着bL_h+cL_c前进的消费迅速提高到$bL_h+c'L_c$。我们可以重复今天早晨所作的对一个时期把一个人转移到机器制造的分析，然后重新配置使得从第2期一切如前进行，但在第1期中把第0期储蓄的果实全消费掉。消费的直接损失为b。机器存量在第1期提高到$1/m$，但那一时期的机器生产降至定态水平下的$(1-d)/m$。第1期的超额消费是运行超额机器得到的nc'/m；此外，手工生产部门的劳动力净增加是$(1-d)-n/m$，其生产能力为$b[(1-d)-n/m]$。因此，收益率为$(n/m)[(c'/b)-1]-d$。显然，人们可以在持续技术改进下提出长期收益率。

假设技术变化仅从n增加到n'。这实际上是一种明确的技术改进；因为它表明，机器生产部门的m个工人现在可以在每人产出没有变化的机械化生产部门配备较多工人。注意，对未体现的技术变化，甚至已有现存的机器经历这种变化。适应这种技术进步不是这样简单；甚至不能明确说从一种稳定状态到另一种用什么适应方式而没有涉及"储蓄"。设想一个积累和保持着M台机器

存量的经济；因此，在工业部门需用$L_c+L_M=(n+md)M$个工人。在第0期的末端，技术管理者懂得，在第1期操作一台机器需用n'个工人，并生产$n'c$单位消费品。适应的两种最简单模式是：(a)保持机器存量为常数；(b)保持机械化生产部门就业量为常数。后一政策不能马上达到一个稳定状态，因此，我集中讨论第一项政策。通过从手工生产部门把足够多的工人转移到全额存量为M台机器部门可以实现，这就是$(n'-n)M$个工人。机器部门的工人必须留下来以置换机器存量。在第1时期，消费者货物的总产出在机械化部门为$n'cM$，在手工部门为$b[L_h(n'-n)M]$。增量是$(n'-n)(c-b)M$单位的消费者货物。

现在假设，在第0时期，技术管理者已把一个工人从手工生产消费者货物部门转移到机器制造部门。在第1时期，机器存量应提高$1/m$，需要多于运行旧机器所要求的额外n'/m人运行。我不再重复计算过程；由此可以发现，额外储蓄得到每期为$(n'/m)[(c/b)-1]-d$的收益率。人们容易算出m或d减少，以及机器制造的生产率或机器耐久性增加的结果。关于"自然的"反应，同样模棱两可：是否m减少后，社会应当保持M为常数，并由此把工人从机器制造部门转移到手工部门，还是保持L_M为常数，并由此(尽管不是立刻)增加机器存量，并把工人从手工部门转移去配合机器。后一种选择最终导致较高消费的一个稳定状态，但还要经过一个比第一种选择低的消费时期。幸运的是，这完全未影响收益率的计算，这是这个概念容易避开"度量"问题的又一例子。

此模型提供了储蓄的私人和社会收益可能较低的一种技术进步的简易说明。最清晰的情况是：b，即手工生产消费者货物的劳动生产率的增加。于是，一个投资行动给经济提供了同样可保持的总消费流。但手工部门失去的产出成本较高，故净收益率较低。看起来还有另外的可能情况，n和m均增加但n/m减少的移动，

资

本

涉及到如果没有比我们迄今建立的稍许更多的理论就不可能分析清楚的复杂性。

题 外 话

我从未说起技术变化的劳动力一节约或机器一节约或甚至“资本”一节约特性，这是有充分理由的，这样做会占去太多时间，与我们正在讨论的特定题目关系很小。然而，在我们能正确说明技术进步导致较低收益率的可能性之前，必须简要进行一项有关评述。

我的同事保罗·萨缪尔森已说明，劳动力是唯一非生产出来的生产要素的许多十分复杂模型，可以归结为实际工资和利息率之间允许有的关系的考虑。他称这两个基本价格的关系曲线为生产要素一价格边界。当模型的技术发生变化时，生产要素一价格边界就移动。描述技术移动特性的一个有用方式是通过生产要素一价格边界的移动方向。

从这种观点出发，比较我已分析过的两个模型是有益的。有一个严格比例移动因素的总量柯布一道格拉斯模型中，$Q=AK^{\alpha}L^{1-\alpha}$。我们可以等同于利息率的收益率——注意，我是如何从纯技术管理概念滑到市场概念——为$\alpha A(L/K)^{1-\alpha}-d=r$。我识别为边际劳动产出的实际工资是$(1-\alpha)A/(L/K)^{1-\alpha}=w$。消去$L/K$，我们得到$w=(1-\alpha)\alpha^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}A^{\frac{1}{1-\alpha}}(r+d)^{-\frac{\alpha}{1-\alpha}}$。利用实际工资$w$和总收益率$r+d$之间关系的形式，容易刻画生产要素一价格边界。如果技术水平提高1%（A变为1.01 A），生产要素一价格边界向外移动，这种移动（在此特别情况下）可以用几种移动方式描述。人们可以说，对$r+d$的每一值，w以同一比例增加，即以乘子

$(1.01)^{\frac{1}{1-\alpha}}$增加。另一种说法，对 w 的每个值，$r+d$ 向右移动一个乘子$(1.01)\frac{1}{\alpha}$。第三，人们还可以说，$r+d$ 和 w 有可能均增加一个乘子1.01。生产要素一价格边界以常数比例向上移动；以常数比例向右移动，以常数比例射线向外移动。只有对柯布一道格拉斯所有这些描述结果是相同的。

现在，考虑一下我们的其他模型。常数 b，即手工部门的劳动生产率在那一模型中承担实际工资的角色，因此，其生产要素一价格边界可以记作$(r+d)=(n/m)[(c/w)-1]$。一般形式与总量柯布一道格拉斯生产函数的形式没有多大不同。但是一些实验表明，参数 n，m，c，和 d 的变化，会导致生产要素一价格边界的有些不同的种类的移动。c 增加1%有这种性质：对每一个总利润率 $r+d$，实际工资增加一个乘子1.01，使该曲线以同一比例向上移动。但是，其他两种描述不再适用。为了向右有一个比例移动，n 必然增加或 m 必然减少。为了允许$(r+d)$和 w 都成比例增加，人们必须使 c 和 n/m成等比例增加。

我似乎觉得，人们选择这些移动模式的那一个称之为"中性"的并不重要。整个生产要素一价格边界的移动包含人们想要分析技术移动结果的大部分信息。

显然，在一个竞争市场经济中，我们称之为技术进步的现象仅仅是生产要素一价格边界的向外（或向上或向右）移动。如果"旧"技术尚未被遗忘，则"旧"和"新"的生产要素一价格边界永不相交。因此，如果相交，就必然出现这种情况，对某一实际工资，新技术下的利息率比旧技术下的要低。如果那个实际工资在市场上长期稳定，资本家会选择使用旧的、未被遗忘的技术，以赚取相应的较高的利息率。换言之，如果对两种可选择的技术状态，生产要素一价格边界实际上相交，则新技术对所有生产要素价格不能都是经济

的；如果统治市场的特定生产要素价格形态使它无利可图，就不再采用它。因此，对两种共存的技术而言，生效的生产要素一价格边界是它们的独立的生产要素一价格边界的外包络。

在我们已分析过的两部门固定系数模型中，手工生产消费品部门的劳动生产率承担着实际工资的角色。它是工业部门劳动力的社会成本。因此，对 b 的增加，资本收益率有可能降低；生产要素一价格边界向外移动，但是"实际工资"提高很快，足以使收益率低于以前水平。只要 b 保持为常数，技术知识的任何增进不能降低投资收益率。如果技术管理者既能利用系数的旧集又能利用新集，他们将发现，采用一个涉及到一个较低收益率的新技术不是有效的。这不是因为他们象普通资本家"征收"收益率，而仅仅由于对任意给定的采用旧技术时现期消费的任何给定的牺牲，可以达到产出的较大增加。为了确定在新或旧的技术下操纵现有机器为好，有必要作一种稍许不同的分析；但这个思想本身说明未体现的技术进步假设已被延伸很远了。

体现技术进步下的收益率

我现在必须讨论，什么是我所认为的似乎更实际的情况，在这种情况下每种技术水平需要它自身的特征的资本设备。我没有必要详细说明这种模型的结构，我已在好几篇论文中讨论过这个问题；并且约翰逊、科亚克以及德·霍夫特夫人、克拉森、费利普斯和马塞，毫无疑问还有其他人也讨论过这一问题。有这么一种选择，是假设属于特定技术水平的特定的劳动力和具体的资本货物间存在直接替代的可能性，还是假设即使在一个特定技术水平内，短期内固定比例占统治地位，或者从事后说，生产的资本密集程度的任何变化，要求建造适当类型的资本设备。后一假设似乎更适合于

短期分析或狭义生产过程。对于长期和综合总量研究，允许劳动力和资本的直接替代可能更接近于事实，这是因为在增长经济中通过一种资本货物缓慢替代另一种和一种最终产出由另一种缓慢替代是非常有可能的。直接替代模型有另外的优点，易于作铅笔和纸的计算。对于事后有固定比例以及事先有可变比例的模型，有一种困难：它的现期和未来行为可能依赖于其最近过去了的精确的序列事件(即，依赖异质的旧资本货物的现有混合）而不是任何综合数。我发现研究它的唯一方式是通过计算机实验。总之，对于我这里探讨的问题，这两个模型似乎得出了类似的结论。因此，我将研究其中较简单的替代模型，而且实际上只是它的一个特殊情况。

当技术水平体现在耐用资本资产中时，经济就象考古学的挖掘，较旧的资本设备层次代表较低技术知识水平。但是，考古学比喻失败了，因为许多技术层次可能同时运行。旧的和过时的工厂在其收益超过直接成本的限度内能积极生产。它们是过时的，因为它们不能得到其再生产成本的现行利润率；市场将估值过时资本至少比再生产成本低；实际上正好估值以允许获得现行利润率。把旧的资本价格定在再生产成本之下的资本损失，是停止投资部门生产旧的以及过时的工厂和设备的市场信号。这是在发展经济中由于过时而产生的这种资本损失必然是投资者所期望的，这是我必须说的话的一个很重要的部分。正如我已经提到的，陈旧的工厂和设备不必不存在；只要它可以获得任何准租金，它可以持续使用。如果可变投入和资本之间的替代非常容易，则旧资本将不再从生产中排除，直至耗尽。然而，如果仅仅存在有限的替代性，最后上升的实际工资和其他成本，将使陈旧资本完全不经济，它将停止运行。

在未体现技术进步的模型中，陈旧的概念干脆不出现。通过

假设旧资本与新资本共享技术进步把它去掉了。在此假设下，当技术是光滑的，足以有边际产出时，我们可以看到，投资的社会收益率同资本的边际产出一致。普通市场理论告诉我们，当资本市场处于竞争状态时，储蓄的私人收益率在均衡处同一美元资本的边际产出一致，因此也与储蓄的社会收益一致。我们的简单固定比例模型表明，即便没有定义边际产出，也可以定义投资的社会收益率。我对生产要素一价格边界的注释已证明，运行完善的市场将使储蓄和投资行动的私人和社会收益率相等。我的下一步任务是说明，在体现的技术进步模型中，正如人们通常可以计算的那样，预期陈旧的事实，导致储蓄的私人收益率低于资本的边际产出。但是这种差异完全反映在资本边际产出和储蓄的社会收益率之间的平行差异中。因此，私人和社会收益率再次一致。

只有这一种特殊情况下，才容易证明这一点，我将限制自己于此。这就是技术进步是“纯资本增加”的情况，意思是一种改进出现后 1 单位资本(用重置成本度量)以及 x 单位劳动力确好能够生产变化之前 $1/(1+\lambda)$ 单位资本以及 x 单位劳动力生产的产品。这一特别情况的出现比人们所想象的要广泛得多；因为，如果对任意给定的技术水平，生产函数均是柯布—道格拉斯型的，并且技术移动保持柯布—道格拉斯的指数不变，那么，移动总可以被认为是纯资本增加的。在此特殊情况下，用下述命题讨论特别容易：如果体现的技术变化是纯资本增加的，这样 $Q_v(t)=F[K_v(t), L_v(t), v]=F[A_vK_v(t), L_v(t)]$ (其中下标 v 表示，产出是在时刻 t 使用体现时刻 v 的具体化技术水平的那些仍然存活的资本货物生产的，劳动力也与那些资本货物结合；而 Av 表示技术水平如何提高的一个递增序列)，则在时刻 t 可生产的最大产出为 $Q(t)$，可以表示为劳动力总供给即 $L(t)$，以及代表所有较早技术水平的存活资本货物的一个生产率加权和的单一数 $J(t)$ 的一个函数。$J(t)$ 可

以称为一个"资本的有效存量"：$J(t)=\sum A_v K_v(t)$。不必计算工厂和设备的每一化石层生产的产出，我们可以简单地说：$Q(t)=F[J(t),L(t)]$。

为了看到这种简化的效用，人们只须回忆，一期收益率的计算涉及什么。思想实验是在时刻 t 损失一单位消费以进行投资，于是要问，什么是在时刻 $t+1$ 可以享受的最大消费增量而又不损害任何后继时期的消费可能性。当生产能力可以现有劳动力供给以及一种有效资本存量表示时，这后一条件意味着，遗留到时期 $t+2$ 的有效资本存量必须不比在时期 t 未发生超额储蓄以及在时期 $t+1$ 没有超额消费的情况小（对于得出这一结果的计算很简单，我也还有必要假设，资本货物以几何级数折旧，每年有一个分数 d 消失）。

在第 0 年，技术管理者安排额外储蓄 h 的广义产出。由于在第 0 年投资的"生产率权重"为 1，储蓄行动增加的第 1 年有效资本为 h，第 1 年的产出增量为 h 乘以有效资本的边际产出。由于在第 1 年这个增量的一个分数 d 将消失，$(1-d)h$ 将作为第 2 年有效资本的一部分存活。因此，社会对第 1 年产出的储蓄可以少一些。但是，既然第 1 年一单位储蓄增加 $(1+\lambda)$ 单位有效资本，社会可以减少储蓄 $(1-d)h/(1+\lambda)$。因此，k，即在第 1 年可得的消费红利是超额产值，h 乘以第 1 年的资本边际产出，加上 $h(1-d)/(1+\lambda)$。收益率为 $(k-h)/h=$ 第 1 年的资本边际产出 $-(d+\lambda)/(1+\lambda)$。

更形式地，在时间 0，我们有 $Q_0=F(J_0,L_0)=C_0+I_0$，其中 I_0 是总投资。类似地，在时间 1，我们有 $Q_1=C_1+I_1=F(J_1,L_1)=F[(1-d)J_0+I_0,L_1]$，其中出现后一等式，是因为有效资本存量 J 由时间 0 的残存部分 $(1-d)J_0$（其中 d 是折旧率）加上时期 0 的总投资 I_0 构造。最后，类似地，留给时间 2 的有效资本存量为 $J_2=(1-d)J_1+(1+\lambda)I_1=(1-d)^2J_0+(1-d)I_0+(1+\lambda)I_1$，其中 λ 是体现的技

术进步率；当我们用时间 0 的消费交换时间 1 的消费时，J_2 保持为常数。总之，由于 J_0 是由历史给定的，这意味着，对所有部署必须保持 $(1-d)I_0+(1+\lambda)I_1$ 为常数。但是，$(1-d)I_0+(1+\lambda)I_1=(1-d)(Q_0-C_0)+(1+\lambda)(Q_1-C_1)=(1-d)(Q_0-C_0)+(1+\lambda)[F((1-d)J_0+Q_0-C_0,L_1)-C_1]$。据此，容易计算 C_0 的一个小量牺牲 h 导致一个增量 $k=h[F_1,(J_1,L_1)+(1-d)/(1+\lambda)]$，所以投资的社会收益率是 $k/h-1=F_1(J_1,L_1)-(d+\lambda)/(1+\lambda)$。$F_1(J_1,L_1)$ 项是新投资的总边际产出，F_1-d 是新投资的净边际产出。因此，新投资的社会收益率要比净边际产出少一个数，即等于 λ，资本货物的特定生产率的上升率。

这是一个重要结果，它表明，存在一个陈旧的社会当量。正如我们马上就要看到，这又意味着，体现的技术进步的出现自身并不在私人和社会投资收益之间产生差异。当然，陈旧的社会当量不是简单的资本损失。它表示这一事实：通过今年储蓄增加下一年的资本存量要比通过下一年储蓄来增加再下一年资本存量更昂贵。正如詹姆斯·托宾和阿瑟·奥肯所指出的："我们的储蓄所生产的不比喷气式飞机好，而我们的下一代的储蓄将生产他们乘坐的运载火箭，他们去欧洲只需 10 分钟，我们为什么现在还应储蓄呢？"现期储蓄的收益率减少了，因为现期储蓄添加的未来消费潜力比下一年的储蓄添加的少。

我已经提到，投资收益少于资本的净边际产出的数量大约等于资本生产率的增长率。这可能是一个不小的数。我们通常认为"总"生产率的年增长率为 1%或 2%。未体现的等价物应当是柯布—道格拉斯生产函数 $(1.02)^t K_t^{1/3} L_t^{2/3}$。如果这样来描述技术（新或旧）资本和劳动力的任意组合可生产的产出一年内自发上升 2%。同一增长潜力需要 1 年 6%的纯资本增加进步率；由于产出对资本的弹性是 1/3，为保证产出能力增加 2%，所需"有效资本"

的增长率为6%。因此，15%的净资本边际产出仅仅相当于9%的年投资收益。或者换一种说法，在考虑到正确的资本折旧后，正确的资本边际产出不是15%，而是9%。甚至有可能，虽则可能性不大，在一个已经高度资本化的经济中，体现的技术进步的迅速增长率可能会使投资收益率是负的。在未具体体现的情形，我们发现，如果其他条件都一样，中性技术进步率越高，收益率也越高。在体现的技术变化情形，中性技术进步率越高意味着收益率越低，这是完全有可能，而不是完全不可能的。事实上，如果今天社会突然期望未来的技术进步率比昨天所期望的要高，那么社会必须把期望得到的现期储蓄的收益率向下调整。

预期的陈旧减少任何私人企业家可以期望从一项投资实现的收益，这是平常事。正如我们刚才已看到，对社会有一种类推效应。现在我们要作进一步分析。效应是严格平行的；如果有效资本的社会和私人边际产出是相同的，那么新投资的收益率也一样。为了说明这点，我们只须计算第0年的私人收益率。在一个竞争市场中，一单位最新资本赚取的总租金是总边际产出$F_1(J_1, L_1)$。为了得到净收益率，我们必须扣除实物折旧以及任何可能发生的资本利得或损失的价值。假设没有实物变质。然而，第一年1单位产出将购买生产率高100λ%的资本货物，即使得到由1年旧单位资本得到的租金乘$1+\lambda$倍的租金，这是真实的。为了使每元收益平均化，一年旧资本货物的价格必须降至$1/(1+\lambda)$。因此，价值损失是$1-\frac{1}{(1+\lambda)}=\frac{\lambda}{(1+\lambda)}$。另外，投资者将发现自己没有1单位一年旧资本，而只有$1-d$单位，因为存在实物折旧。因此，他将期望并经受总价值损失$(d+\lambda)/(1+\lambda)$，其中$d/(1+\lambda)$是折旧，$\lambda/(1+\lambda)$是由于陈旧的资本损失。因此，净私人收益率是$F_1(J_1, L_1)-(d+\lambda)/(1+\lambda)$，与社会收益率相同(这种计算的基础隐藏在我1959年发表的关于体现的技术进步的论文中，并由1961年科亚

克和德·霍夫特一韦尔外尔夫人发表的论文很明显地提出来了）。

总之，当技术变化是体现的，因此陈旧是生活的一个事实，私人和社会收益率保持相等，但两者都要比常规计算的新资本的边际产出少，可能少很多。随着技术进步加快，或技术进步的加速，可能降低私人和社会收益率。

我已没有时间对独立的消费货物和投资货物部门的固定系数模型重复这种分析。然而，道理是相当一致的。如果技术变化体现在每年机器产量中，且其性质是“纯资本增加”的（这意味着，在此情况中，运行一台机器的人数 n 增加，或需要制造一台机器的人数 m 减少，而消费货物部门两种技术的每人产出 c 或 b 没有变化），那么可以按照机器的有效存量综合经济的生产能力。储蓄收益率降低一个数量，反映新机器对旧机器造成的陈旧率。我希望，我已经说明了我的观点，在这些讲演中概述的新古典资本理论版本决不取决于光滑替代的可能性。

投资的私人和社会收益

在体现的技术进步下对投资报酬的讨论中，我反复强调：私人和社会收益率是相等的。这一点似乎值得阐明，因为对私人陈旧风险存在一个准确的社会类似物是不完全明显的，也因为文献中关于技术进步收益的分配有时不清楚。但我希望，我没有造成这样一种印象：投资的私人和社会收益实际上是等同的。我已经说明了一个相当弱的命题：如果资本的私人和社会边际产出一致，那么私人和社会收益也将一致。换言之，我已试图说明，体现的技术进步的简单事实本身并没有产生私人和社会收益率间的差距，如果这种差距以前没有的话。

自然地，当技术进步体现在资本货物中时，可以发生私人和社会收益率间差异，就象技术进步是非体现的或完全没有技术进步时它们发生差异的那些方式。在一个技术进步经济以及一个稳定经济中，生产和消费的垄断约束以及外部效应可能导致资源的不合理分配。

最近，肯尼思·阿罗提出了一种有趣的新分析，它确实说明了体现的技术进步能产生资本投资的私人和社会收益率间一种特别差距的方式。这是一个用经验检验很困难的模型；但无庸置疑，它描述了生活中的一个实际事实。如我那样，阿罗假设每项资本设备代表了其建造时已有的最高技术水平。然而，我假设，技术知识水平仅随时间的过去而提高，阿罗则假设技术进步起因于经验而经验包括总投资。因此，在我分析过的模型中，如果总投资停下来一年，技术知识将继续积累。它对生产过程没有影响，因为它还未体现在新增资本货物中。但是，知识在那里等待利用，如果总投资在时间过去后下一年再次出现，那么它将表现在新增资本的生产率较高。时间间隔愈长，最终生产率也愈高。在阿罗模型中，如果没有总投资，也就没有知识积累。设总投资停下来一年、两年或十年；当它重新开始时，它仍在同样的技术水平处开始，因为与此同时它什么也没有学习。

在某些方面，这个模型与我在本讲演中讨论过的模型相似。由于逐渐陈旧，私人投资要遭受资本损失。由于所期望的陈旧率依赖于未来投资的大小和时间选择，而不仅仅是时间的流逝，因此这是很复杂的（但是，在资本积累的所有模型中，实际上类似这样的事是非常有可能发生的；特别是，如果具体资本货物和其他生产要素间仅仅存在有限替代性的话）。此外，和在其他模型中一样，现期投资的社会吸引力由于以下事实而减少，它必须与未来甚至可能更高生产率的资本货物的投资竞争。

现在要加上一个全新因素。考虑现期投资有一边际增加的一个计划经济将考虑如下事实：每一项这种增加构成某种“学习”；如果现期投资较多，整个未来期间生产的单位资本会有较高的生产率。这是因为，在阿罗模型中，新增资本的技术效率依赖于过去总投资的积累量。如果其他情况都一样，现在增加投资的一个决策意味着，每一项规划中的未来投资行动具有较大量积累的过去资本形成的优点，因此生产率更高。这一“学习”方面，对现期投资的社会收益率有所添加。然而，在一个通常的市场经济中，无论如何完全竞争，私人投资者还没有办法得到他的投资对未来所有投资贡献的新增生产率的任何一部分。好象所有现期投资在事实上涉及一种研究，其成果自动进入公共领域，不能占用和出售。

所有这一切的结果是投资的私人收益率达不到社会收益率。同垄断约束没有任何关系，人们必须期望，在一个私有制经济中投资率要比最优状态低。大多数发达经济已识别到与开发和研究活动自身有关的这些方面。在大多数这种经济中，政府要提供许多的工业研究资金。阿罗模型的重要性在于，由于相似的原因，要推广到对固定投资作类似处理。

在下一讲中，我要提出对固定投资的社会收益率的一些估计，讨论一些它们对公共政策以及经济增长的含义。我并不希望承担这些估计以及含义正确与否的风险。但是，我要谈论它们正如一个积习难改的赌徒对作弊的轮盘赌所说的一样：“我知道这个轮子是扭曲的，但它是城里唯一的赌博。”此外，研究的一个重要功能在于提供了进一步研究的题目；下一讲将完全成功地通过那个检验。

第三章 技术进步、总量生产函数和收益率

如果我所述的有一点道理，那么投资收益率是在任何现实经济中要知道的一个重要数字。涉及投资方向或确定投资总量的决策理应根据对各个项目或对整个经济收益率的估计。但是，经济学家往往满足于象资本—产出率这类拙劣的代用品。我假设，或至少我希望，这是由于测量平均数量比测量更适当的边际数量容易得多。我所说的边际是对其他情况都一样严格而言，而不是比较时间上的增量的不严谨的意思。如果事实上正是这种情况，则应用资本理论是一个亟需进行更多研究的领域。

即使在市场经济中，至少在享有近似充分就业时，有一些收益率知识不仅对长期金融和财政政策的制订，而且对估计私人投资需求的前景都很有用。容易把有关收益率的信息转变为对无论是从事私人还是公共投资的经济增长效果的估计。接近充分就业的限定是重要的。正如在这些讲演中使用的那样，收益率主要是一种不受有效需求不足的可能性影响的一个技术概念。在本世纪30年代美国经济不景气时期，实际投资的主观收益率似乎有可能为零或负数。但这是对不景气市场悲观预期的结果。按我的技术管理看法，1933年充分就业的实际社会收益率不可能与前5年的情况很不一样。

只是说收益率对经济分析是一个很重要的数字，而不告诉寻找它的方法是不能令人满意的。那么，经济学家应如何估计社会收益率呢？我不能自命为知道这个问题的正确答案。全部事实可

能是：我们试用的方法越多，得到的答案也越多；经过比较可能产生一种思想那种方法最好以及一种指示结果如何不确定。

估计收益率

一种可能性是，在不同工业类中，把私人利润率作为社会收益率的近似指标。作为初步近似，有一些理由赞成这个思想，但也有另外几件事反对它。首先，私人利润可能包含一种垄断利润的成分，不应影响估计投资收益率。其次，另有其他原因说明某些货物和服务的市场价格为什么不可能影响其实在的社会效用；那就是在计划文献中为什么如此关心市场价格和会计价格的区别。第三，私人利润包含一种风险因素。但风险是可通过联营来减少的数量，这便是保险原则。由于这个原因，社会风险倾向于比私人风险小，如果两者作有关风险校正后，投资的社会收益率高于投资的私人收益率。保险或多样化经营的可能性越大，或者在税法中损失补偿条款越广泛，这种差异越小。但是，没有私人保险单或多样化经营企业的复盖面接近于整个社会可能的风险联营，所以一些差别可能保持。第四，存在经典的技术外部经济和不经济性，如烟和水污染、未支付的第三者效益，处处加大特定投资的私人和社会盈利性间的差别。第五，企业和个人税收方面有困难。为了了解是税前还是税后利润率有关，人们必须知道企业税收的归属，这可能是比我们作为开始的问题更困难的问题。

人们可能认为，从私人利润到社会效益的简单推断为什么不合理还有其他原因。对一个小国的大投资项目，或甚至对一个大国的小型公共项目投资，最好的办法可能是直接计算期望成本及效益流量。作为一个不实际的经济理论家，我追求较大的竞赛——或至少更令人兴奋的运动，我提出首先估计一个总量生产

函数来估计社会收益率。这种方法为什么不完善，我容易列举五个理由。举例说，总产出必须用国民核算中某一市场价格或生产要素成本总数来测量。但是，私人利润率的解释者遭遇的一些同样的困难，将妨碍总量生产函数的使用。此外，把指数或总综合数当作良好定义的物质数量存在所有通常的困难。这些问题在文献中已充分讨论过，只是你们太谦虚而我又不客气，现在不提旧事。

我曾经希望能够对美国和荷兰的生产函数以及收益率进行比较。但是，我没有在我所有的已出版的荷兰统计资料中找到足够长的时间序列可以进行生产函数分析。人们希望从总量生产函数得到的至多是对投入和产出的趋势变化进行一种解释，这毕竟是明显的。逐年变化还要受到许多其他影响，例如产出的产业构成或需求的总量压力的移动等。甚至“长期”的宽大解释说明人们应当有延伸几十年的数据。

最近，慕尼黑 *IFO* 研究所出版了关于进行德国生产函数分析所必需的原始资料。资料包括1925——1938年以及1950——1957年间剔除物价变动因素的国民生产、人一小时工作量、剔除物价变动因素的总固定投资以及净固定投资、资本存量等的时间序列数据。*格里克博士和库赫博士同时发表了他们自己的关于德国的生产函数。他们的方法在好几方面与我的不一样，没有一个显得很重要。但一个重要差别是，他们考虑的技术进步完全是未体现的形式，而我特别对体现的技术变化的影响感兴趣。大家最希望的是一种能够分离且度量两种技术变化影响的统计处理。这样的分析方式没有形式障碍，但我很怀疑几个高度自相关和互相关的时间序列是否包含如此多的微妙的信息。既然每个完全未体现的模型和纯体现的模型各自能分别解释基本事实，那么它们合在一起很难得到更多的好处。在试图同时研究两类技术变化方面，

* 《*IFO*研究》，1961年7月7日，各篇文章。

据我所知实际没有成功过，我自己的尝试结果很不好。这是另一个等待有一个聪明的思想的研究问题。

人们对比较德国和美国生产函数普遍感兴趣。在50年代，西德经济大量投资，增长迅猛。而在同一时期的大部分时间里，即便是充分就业，美国经济呈现低投资率、增长率提高缓慢的景象。投资份额与潜在产出增长率间存在一个关系是无庸怀疑的。其中一部分正是我们在收益率名目下研究过的同样关系。但这种感觉有时会提出这样的观点，如果美国用国民产出的同样比例进行投资，那么它能象德国一样快地增长。这很难说是真实的，因为存在除资本以外的其他生产要素，因为收益递减法则表明在资本积累与美国一样多的国家中投资报酬可能较小，还因为，如果技术进步体现在新增资本中，那么产出对投资的反应取决于现有资本存量的大小和年龄。在比较两个国家的生产函数时，我希望直接阐明这些问题。

人们仍可以设想另外有一些重要的分析和政策问题，如果我们知道不同国家收益率间的关系，解决容易得多。例如，如果由于这样或那样的原因，美国的实际投资收益率比其他国家低；正如许多经济学家所怀疑的，美国对世界其他部分是长期资本输出国，这应当是自然的，事物的现状在这方面可能是持久的。此外，如果资本的相对饱和使得美国的私人收益率比别处低，如果——正如我相信的——货币政策确有国内影响，那么美国需要比其他国家低的利息率。通常提供的处方，人家告诉我有荷兰人的建议，美国的国际收支逆差通过提高利息率的坚决手段可以医治，这可能是比所说的复杂得多的命题。

现在是研究事实的时候了。说我将给你讲的是“事实”可能是过誉了，但不管怎样，是讨论它们的时候了。

一个总量生产函数模型

我用于德国和美国的基本模型在前两讲中已介绍过。生产工厂和设备体现了生产它时最新或“最好”的技术。它完全没有分享以后的技术进步，但是劳动力和资本货物间直接替代的最初可能性保持在资本货物的整个寿命中。对于给定的技术水平，体现在已知的资本货物的“制造期”中，生产函数是柯布—道格拉斯型的，其弹性或柯布—道格拉斯指数对所有制造期是相同的。较新资本与较旧资本的区别是生产率较高，而不是有不同弹性。

每年采用有效方式将劳动力的现有供给按照不同制造期的资本货物的现有存量分配，使得由所有不同厂龄工厂生产的经济总产出最大。这引起较旧、低效率资本的劳动密集程度比新的要低，因为，所有工人必须得到同样工资而不论每天早晨他们进入的工厂的厂龄。正如我上次提到，这个模型具有良好性质，总量生产能力可以用劳动力总供给和“有效资本存量”的柯布—道格拉斯函数表示。这种有效资本存量是所有制造期的资本存量的加权和，而权数反映较新资本货物所固有的较高生产率。

形式上，总量生产函数可以记作 $Q_t=AJ_t^{\alpha}L_t^{1-\alpha}$；其中 Q_t 是产出的潜力或能力，L_t 是充分就业的劳动力供给，$J_t=\Sigma(1+\lambda)^{v}K_v(t)$，其中 λ 代表技术进步的几何比率，$K_v(t)$ 是第 v 年生产并维持到第 t 年的资本货物的数量（因此享有技术水平 $(1+\lambda)^{v}$）。

估计这类生产函数，需要产出潜力、劳动力供给以及当量资本存量的资料。对美国而言，我使用了一个特别构造的以1954年价格为基准的实际产出序列，我称之为商业产出。它表示用私营工厂和设备生产的国内总产出部分。事实上，它是除去来自政府、家庭和非营利机构、其余部门、房屋服务的产出后的国民生产总值。

排除最后一项是必要的，因为我已把房屋从资本存量中去掉。对西德而言，产出序列就是仍以 1954 年价格为基准的国民生产总值本身，房屋和政府拥有资本包含在资本存量中。这是两个国家数据的重要差别之一，我们解释结果时必须考虑它。产出度量说明了另外的问题。原则上，我们需要产出潜力数量而我们得到的数据只是每年受有效需求水平变化影响的实际产出。为了克服这一困难，我把失业率作为生产函数的一个度量，数据结果表明它相当成功地符合由周期波动带来的实际产出的变化。

由于商业循环对劳动力投入的影响用失业率变量来吸收，生产函数中劳动力的适当度量不是就业而是充分就业的劳动力供给。对美国和西德而言，有在充分就业下可能工作的人一小时数量的年度估计。这些数据考虑了每周或每年标准小时数的长期变化。我必须承认，它们没有考虑劳动力的教育、技巧和健康等几十年来的改善使平均人一小时的质量缓慢提高。这些忽略的影响是归因于教育、训练和医学科学等的一些产出增长将出现在“技术进步”中。对生产函数的形状还有某些扭曲，只能用劳动力的较好度量来进行补救。对荷兰和美国进行的研究工作很快就可使这种补救成为可能，但目前我尚未做这方面工作。

统计工作的一个最困难问题是构造有效资本存量的一个时间序列。我已用“暴力”解决了这个问题。开始，我们没有有关技术进步速度的可用的外部信息。所以，我与其他人一样假设，它可以用常数年改进率近似表示。对任意一个具体的年技术进步率，如 1 年 2%，我已根据过去的总投资纪录以及现有任何设备和建筑寿命信息建立了有效资本存量的一个时间序列。如你们所知道的，资本耐久性的信息是不完全的，它们往往是不太合理的。即使对试图简单用常规资本存量度量的统计学家，仍必须作出这种假设，我用了他们用的数据。例如，在西德数据中，假设机器耐久性大

约为26年，建筑物几乎无限(可能因为修理和维护支出，它们不幸没有被包括在总投资数据之内)。总之——这不是一个急躁的人做的事情——给定有关耐用性的任何具体假设、一个足够长的实际总投资序列和一个任意的技术进步规则，人们可以根据定义对每年总投资用适当的生产率要素加权并按照假设的寿命表淘汰旧资本，这样一步一步地计算有效资本存量。我已对西德和美国的数据这样做了，设技术进步率等于0.00(使它产生常规资本存量)、0.02、0.03、0.04和0.05。因此完全列出了生产函数的原始经验材料。

对美国的结论

在描述数值结果时，我将在无形中考虑用失业率的影响说明有效需求变化。这样给出了对美国的切合实际的结果并与西德的差别不大，因为无论从哪一方面来看，战后整个10年总可以被认为是充分就业的时期之一。因此，我只谈产出潜力为一方，人一小时和“有效资本”的投入为另一方之间的隐含关系。原则上，正确的估计程序是试用一个接一个的体现的技术进步率计算，直到人们找到一个拟合最好的技术进步率为止。实践说明一年2%和5%之间的技术进步对这两个国家给出几乎一致好的拟合。我对此没有什么功劳；所根据的时间序列都有强的趋势，选取一个非常糟的模型才会拟合不好。我还不能诚实地宣布对这些国家的新增投资的生产率的增长率作了一个非常精确的估计，因此，我试图只把我自己限制在讨论那些不非常强地依赖于这种精确性的推断上。

在研究美国情况时，我简单地假设存在不变规模收益。在研究西德情况时，我对有此假设和无此假设均进行了估计。正如通

常情况一样，当不存在规模收益不变假设时，数据趋向呈现强烈的规模收益上升情况。幸运的是，我想要说明的有关投资收益的主要观点并未受多少影响。关于经济增长的许多其他重要问题的答案受规模收益特性的影响，所以，这是应该进一步探索的问题。

针对美国情况，我在表1列出了当技术进步率λ=0.00，0.02，0.03，0.04和0.05时，相对于劳动力和有效资本的产出能力的弹性的估计。

这些数据证实了前面的说明：取决于识别"正确"的技术进步率不能依靠拟合优度。即便规模收益不变和没有技术进步的联立假设给出非常强的相关，虽然它也给出了劳动力的边际贡献是负的这种荒谬的结论。技术进步愈高，相关愈好是真实的。但是，对给定的基本统计资料的性质，改进是轻微的，我不想过多强调它。

表 1

λ 资本生产率 的增长率	α 相对于资本 的产出弹性	1-α 相对于劳动力 的产出弹性	R^2
.00	1.2377(.0993)	−0.2377	.9622
.02	0.6323(.0364)	0.3677	.9789
.03	0.5054(.0270)	0.4946	.9816
.04	0.4160(.0214)	0.5940	.9828
.05	0.3611(.0176)	0.6389	.9845

对产出在长时期内平均只以一年3%增长且劳动力和资本存量也一样增长的一个经济，一年4%或5%这样高的技术进步率可能令你吃惊。通过回想λ为投入的新增资本的生产率的年增长率，可以解决这一明显的矛盾。如果α是相对于有效资本的产出弹性，资本有效存量以1%增加，那么产出只以α%增加。这样，技术进步对产出增长的贡献的一个近似估计可以通过用每个λ乘以相

应的α得到。这便解释了较高的技术进步率为什么同相对于有效资本的产出弹性的较低估计相联系：统计程序试图解释产出增长的观察值。当我取λ为2%，3%，4%和5%时，技术进步对产出增长的估计贡献只从每年1.3%增至1.5%，1.7%和1.8%。

承认较高技术进步率的传统原因是，把柯布—道格拉斯弹性看作总收入中资本的收入份额。如果美国经济以这种仿效竞争市场方式运行，那么相对于资本的产出弹性的正确数量级是在0.30和0.40之间某处。由于产出是总产出，折旧准备必须包括在资产收入中。我采用美国经济中公司部门的资料作为整个企业部门的一个良好近似。从1929年起比较繁荣的年代，职工报酬总计为公司总产出的64%左右。这就使得当$\lambda=0.05$时，弹性为0.36，看来非常好。然而，按照有些看法，总产出不适合作为产出的度量。公司产出的市场价格包含间接税的一个可变量，人们应当如何考虑它，或者产出用生产要素成本测量是否好一些，并不是清楚的。自从1929年以来，职工报酬平均占除去间接税后的公司总产出的70%左右。或许我应简单推断α在0.30和0.36之间，因此，新增投资生产率的增长率在一年5%到6%之间，可能是最适合的。我遗憾没有对$\lambda=0.06$进行一系列计算；或许这一疏忽以后可能补救。

对这些估计的最简单粗糙的概括可能是说在1929年和1957年间，企业产出的实际潜力以年平均3%左右的速度上升。如果我们采用新增资本的生产率的增加每年为5%左右且$\alpha=0.36$的一个生产函数，那么技术进步带来平均一年1.8%的产出增长。人—小时的充分就业的供给以一年大约0.5%的速度增长，对增长率的贡献为0.3%。在同一时间，工厂和设备的常规存量以一年大约2.1%的速度增长，对增长率的贡献为0.8%。这种描述经常被提到，我还必须加上有关的资本收益率数据。在对西德的数

值结果作了介绍之后，我将返回到那个中心主题。

对西德的结果

在解释对西德的结果时，重要的是注意，产出和资本的定义在好几方面不同于美国所用的。特别是，对来自政府和房屋存量的产出计入西德的总量中，而相应的资本货物、房屋和就业包含在投入中。除此以外，程序基本上是相同的。

除了分别对两个弹性加起来不为 1 或加起来为 1 进行估计外，表 2 如表 1 一样排列。未受约束的弹性之和大约为 1.2 或 1.25；如果它们被按票面价值接收，那么，西德经济的规模收益递增很快。经验表明，如果我对美国进行类似的未受约束的生产函数估计，将会出现同样的结论。我有许多理由不取关于票面价值

表 2

λ 资本生产率的增长率	a 相对于资本的产出弹性	$1-a$ 相对于劳动力的产出弹性	R^2
	不加上规模收益不变		
.00	2.2090(.6969)	—1.8170(.7923)	.3322
.02	1.0404(.1305)	0.0931(.1466)	.8575
.03	0.7257(.1196)	0.4748(.1886)	.7294
.04	0.5647(.0437)	0.6814(.0889)	.8409
.05	0.4567(.0652)	0.8089(.1640)	.8082
	加上规模收益不变		
.00	2.6668(.5577)	—1.6668	.8686
.02	0.9673(.0462)	0.0327	.9880
.03	0.6685(.0322)	0.3315	.9880
.04	0.5095(.0259)	0.4905	.9861
.05	0.4116(.0219)	0.5884	.9853

的这些结果。但是，我实际上不需依赖这些怀疑。引人注意的是，相对于有效资本的产出潜力的弹性估计在表2的两部分中是非常类似的。这意味着，不管是否为规模收益不变，有效资本的边际生产率的隐含估计是大致相同的。

比较表1和表2的第二部分，可以看到它们彼此有明确的关系。对每一个技术进步率，美国的产出弹性与西德的技术进步率高1个百分点的产出弹性近似一致。因此，美国新增资本的生产率的增长速度是0.02时，相对于有效资本的产出弹性是0.63；西德的λ为0.03时，α为0.67。美国的λ为0.03时，$\alpha=0.51$；而西德的λ为0.04时，$\alpha=0.51$。美国的λ为0.04时，$\alpha=0.42$；而西德的$\lambda=0.05$时，$\alpha=0.44$。从这些引起人们推断：要么两个国家的弹性是相同的但西德的技术进步率略高1个百分点；要么两个国家的技术进步率相同，但是西德的有效资本的弹性大约高0.1。这两个推断之一为真的情况并不是必然的。即使模型的有效性不存在问题，得到任何准确的结论还有两个障碍：一个是两种分析中产出和资本的概念是不一样的；另一个是在同样可接受的λ值中选择一个，我们没有一个非常好的准则。唯一的准则来源于资本弹性与收入和产出中的资本份额应大致相同的看法。对美国的情况而言，这导致我们在0.3和0.4之间取一个α，在0.04和0.06间取一个λ。在所讨论的时期内，西德经济中国民收入的工资份额要比美国的略低一点。因此，在1936年西德经济的职工报酬占其国民收入的55.4%，而在美国占了66.1%；在1950年，相应数据为60.8%和64.3%；在1955年，则为63.6%和68.9%。

这种比较有一些不可靠方面，且不说西德工资份额的上升趋势使人对任何柯布一道格拉斯模型的适用性表示怀疑。所报告的相对份额既对非公司企业进行的经济活动的比例，还对这个比例的变化，同时还对纯统计差别是敏感的。如果这种证据能说明任何

问题，那么它表明α的值比美国的高5到10个百分点可能是适当的，因此，技术进步率在这两个国家可能是大致相等的。不管西德和整个欧洲大陆人一小时的生产率显然更迅速地增长，认识到这一暂行假设不会无效是重要的。我们所述的技术进步率是指新增资本内在的生产率的提高。整个生产率的提高，还取决于资本深化率以及高投资率使资本存量现代化的程度。

即使变化率是近似一致的，在这两个国家，不同的技术水平还能共存。正如你们将看到的，这种差别实际上由数据表明。部分基于产出和资本的不同定义，部分毫无疑问来自美国富饶的自然资源蕴藏以及较高的教育水平，可能还源于大规模经济。

考虑到战后前几年的区域变化以及出现的瓶颈现象，很有可能我应当分别进行关于战前和战后的西德研究。不过对我的目的来说，那样做留给我的时间区间太短了。总之，我们不能整个地说1925—1957年时期。对1925—1938年而言，西德达到充分就业的国民生产总值以平均每年3.5%至4%的速度增长。人们可以粗略地推断，新增资本的生产率提高5%，对产出增长的"贡献"一年大约为2.25%；劳动力供给一年增长0.8%，对国民生产总值增长的贡献可能一年为0.5%；常规资本存量一年增长1.4%，对产出增长的贡献大约为0.75%。在1950—1957年，资本有效存量以一年大于10%的速度增长，可能说明对一年产出增长的5.8%；就业以每年2.2%的速度增长，可以解释另外的1.5%的年增长率。产出以一年7.8%左右的速度增长，长期生产函数不能说明额外的一年为0.5%的增长。

收益率的比较

按照前一讲给出的公式，在此模型中投资的社会收益率等于

有效资本边际产出减去折旧和陈旧因素。公式对零年成立，但我始终能重新排列，使得 1954 年为第 0 年。注意，Q 代表产出潜力，J 是有效资本存量，收益率可以记作 $r=\alpha \cdot Q/J-(\lambda+d)/(1+\lambda)$，其中 α 是相对于资本的产出弹性，λ 是技术进步率，d 是折旧率。

在这方面，适当的折旧率完全指物质磨损。陈旧要在模型的另一处考虑。因此，寿命的平均长度比我们通常用于私人利润计算要长（而 d 要小）。美国的有效资本序列用一个寿命表构造，设备平均寿命为 17—20 年和工厂能用大约 50 年。西德数据的来源表明，设备大约有 25 年的寿命，建筑物的寿命几乎为正无穷大。折旧率大约为 4%似乎是正确的数量级。遵循数据来源表明，美国的折旧率稍高，但在这种分析中 1 个百分点的差别显然是不足道的。

表 3 列出了计算美国和西德 1954 年投资收益率的原始资料。我分别列出了房屋和设备数据以强调一个重要事实。我用于美国的具体数据把房屋从资本存量中去掉，把来源于房屋的服务从产出中剔除；而西德的数据则包括这两者。除去提供住房不仅是一种特别资本密集的经济活动，而且还在美国，可能还在别处有一个极低的收益率外，这可能不是非常重要的。解释这个差额并不难，但是那不是我的目的。我关心的是对房屋的处理说明收益率的任何比较将偏向美国，或许偏向很多，由于排除了这部分经济活动。考虑这个差异的唯一正确方式是在两国根据同样基础进行全部分析。在计算最后一步加或减一笔住房和公共建筑存量的大概估计是不够的，因为把它们包括进来整个估计体系可能不同。如果我必须满足于那种程序，只是因为我没有时间做得更多。

我应对表 3 再作一点评论。由此计算的收益率特别高；因为库存不包括在资本数据中。在美国存货约为年国民生产总值的 1/5 左右，这足以使收益率有大约 5 个百分点的差异。但是，这种

表3 收益率的计算

	美国(1954年)				
技术进步率(λ)	.00	.02	.03	.04	.05
产出潜力(Q)	302	302	302	302	302
有效资本(J)	543	412	369	338	309
有效设备	274	238	224	211	198
有效工厂	270	175	145	127	111
单位有效资本的产出(Q/J)	0.56	0.73	0.82	0.89	0.98
估计a	1.24	0.63	0.51	0.42	0.36
$a \cdot Q/J$	0.69	0·46	0.43	0.37	0.35
折旧和陈旧$(d+\lambda)/(1+\lambda)$	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09
收益率	0.65	0·40	0.36	0.29	0.26
	西德(1954年)				
技术进步率(λ)	.00	.02	.03	.04	.05
产出潜力(Q)	154	154	154	154	154
有效资本(J)	614	327	275	235	214
有效设备	180	135	123	111	104
有效工厂	434	193	152	124	110
单位有效资本的产出(Q/J)	0.25	0.46	0.56	0.66	0.72
估计a	2.67	0.97	0.67	0.51	0.41
$a \cdot Q/J$	0.67	0.45	0.38	0.34	0.30
折旧和陈旧$(d+\lambda)/(1+\lambda)$	.04	.06	.07	.08	.09
收益率	0.63	0.39	0.31	0.26	0.21

影响对两个国家是近似一致的，对收益率的比较不怎样重要。

我现在处境尴尬。表3似乎表明，这两个国家1954年的收益率非常类似，而且如果它们间存在任何系统性的差异，则美国的投资收益较高。然而，我怀疑事实可能相反，我的数值结果是与我的信念相容的。我已经提到，我认为什么是这些数据的最重要偏误，西德数据中包括房屋，而在美国的数据中不包括它。矛盾的来源是非常清楚的，数据表明美国的平均资本产出要比西德高，差距比补偿西德较高的相对于资本的产出弹性还要大。当然，这同美国

比西德是更加资本密集型经济的观念逻辑上不是不一致的。这个观念似乎对应着事实。在1954年，美国每个工人占有的设备大约为西德的2倍。我前面已提到，美国的生产函数可能比西德的要高得多，以致即使资本密集程度较高，投资收益率也较高。由于资源蕴藏、教育普及、美国经济的规模，这并不是不合理的。

但是，我认为有一个较简单的解释。表3中$\lambda=0$的那一列包含有对常规资本存量的度量。在1954年，美国工厂和设备的存量几乎均匀地被分成工厂和设备。房屋和机器间比例是随时间变化的；1929年房屋存量大约是设备存量的1.5倍。然而，在西德，1954年的房屋存量大约是设备存量的2.5倍，是1929年的3倍多。两个国家气候的不同和产业组合的不同，工厂和设备的比例为什么要相同，这是没有理由的。但是，大部分差别必然代表了房屋。

美国目前的房屋存量大约占可再生产资本总存量的40%，即为工厂和设备存量的2/3左右。因此，工厂、设备和房屋存量的一个近似估计是8000亿美元，其中有6300亿美元为房屋。这表明房屋与设备的比大约是$2\frac{1}{3}$比1，与西德数据相差不远。相应地，我必须增加产出度量以包括房屋服务。这使产出潜力增加近10%。净结果是大约330(美元)÷800(美元)，或大约0.40的资本平均产出，更加接近西德的相应数据0.26。即便经过这种调整，美国单位资本的产出仍要比西德的高；我取这点来验证如下假设：是美国的技术水平而不是它的变化率要高得多。

不幸的是，我不能用这样简单的方法将“有效存量”数据放在可比较基础上。然而，显然存在同一系统性偏误。例如，注意，当$\lambda=0.05$时，美国单位有效资本的产出为0.98，而西德为0.72；美国单位有效设备的产出是1.53，而西德为1.48，几乎差不多。

我对房屋数据经过粗略修正后，建筑一设备比率在1954年对

两个国家看来象是几乎一致的。此外，象任何其他好的假设一样好的一个假设或许是，"有效房屋"和"有效设备"的比率可能在美国和在西德彼此相同。假若这样，美国包括房屋的有效资本存量(有5%的进步率)应超过4000亿美元。单位有效资本的产出修正为大约 0.74。当 $\alpha=.36$ 时，有效资本的总边际产出大约为27%，净收益率大约为每年18%。

这些粗略调整，除去它们容易实施外，值不得介绍。然而，即使它们已调整好，它们仍表明投资的社会收益率在1954年西德为一年21%，而在美国一年为18%。显然，所有这些表明——这出于我的意料——50年代中期美国和西德的投资的社会收益率是近似一致的。

如果对1957年施行同样的计算(西德的数据延伸至此)，结果十分有趣。对应于表3(当 $\lambda=0.05$ 时)，我发现，美国的收益率一年为23—25%，西德大约是一年19%。这样，有收益率下降的一些证据。这表明资本深化的进行十分迅速，它不能完全由技术进步弥补。如果能够验证这点，它将是一个重要的结论，我将很快回到这个问题。

1957年美国和西德间的比较如同1954年的比较一样困难；这是因为定义的不同。我最多能作与1954年同样的粗略调整：在美国有效工厂存量中加上一个很大的数量，足以使有效工厂和有效设备的比率在这两个国家是相同的。有理由作这一调整，事实上单位有效设备的产出在这两个国家几乎差不多。如果进行了这种调整，那么我对美国的收益率估计要下降16—17%。我剩下了这一非常不可靠的印象，投资的社会收益率在这两个国家不是很不一样的，而对我的先验信念，美国的这一年的比率有可能比西德的要低，仅仅有最弱的支持。

尝试性结论

你们将匆促得出一个结论。要了解投资的社会收益率是一件非常复杂且微妙的事，我提出的问题比我回答的要多。在某种程度上，那完全有好处。德夫里斯讲演的目标之一，就是提供对“荷兰经济理论工作的一种促进”，这些仿佛是必要的。但是，荷兰经济学家避开纯粹和应用资本理论，很少例外。专题所需要的可能是荷兰的切合实际的理论和实际的智慧。如果我已使得你们对这个问题感兴趣，那么，我可能做了比我所期望的还要多的事来解决它。

第二个结论基于用数据说明1954年和1957年间的投资的社会盈利性下降。*假设私人盈利性随时间变化的趋势与社会盈利性是同一方向的。似乎有可能是这样。那么，近年来美国和西德的所谓“利润缩减”，可能是比许多评论家想的更基本的经济现象。我清楚地觉得，在美国称作利润缩减的大部分，简言之就是有效需求不足和因而能力过剩的反映。但是，即使回到经济活动水平的高水平也不能引导利润率上升到战后初期水平，很可能如此，由于有良好的旧式的报酬递减原因。假设这样，通过私人投资刺激增长的经济政策在它之前有一项困难的任务，常规货币金融方法是否适用要等着瞧。我必须说，我的同事保罗·萨缪尔森通过他自己巧妙的方法得出了同样的结论。我的粗略数据导致如萨缪尔森的有素养的直观一样的结论，给我对经济计量学方法的希望。

西德利润率表面下降很难说是总需求减弱的结果。我认为把它归因于工会运动中某些突发的战斗性也不能使人满意。如果投

* 美国的数据表明，1957年和1960年间的社会收益率没有或很少改变。考虑到众所周知这些年间固定投资较弱，这个发现与我的解释是一致的。

资的社会盈利性因为资本积累迅速甚至在1957年以前已下降，那么人们肯定要认为现在更快下降，因为剩余劳动力已被吸引且从东面的逃难已停止。假若这样，私人利润缩减以及工会活动可能反映资本和劳动力的相对稀缺性的基本移动。

我的第三个结论是消极的。正如我已经提到，我希望发现美国的社会收益率比西德低。但我对此一无所得。对数据进行一些修改后，我能够得到一点提示，在美国固定资本投资的社会收益率可能要稍许低一点。当然，人们能坦率地说的一切是，不管收益率差别如何，它太小以至于被数据的粗糙和不可比性以及模型的极端简单性所淹没。顺便提一下，投资收益率的估计已成为麻省理工学院的一项大众化的“室内运动”，对它的兴趣甚至超过了三阶段最小二乘法。我的同事理查德·埃考斯和路易斯·勒福贝尔设计了他们自己的研究计划，这与我的有关但又不完全相同。他们不明确注意技术进步，采用的时间区间较短，技术进步就可能不重要。他们估计1954—1957年间美国的社会收益率是18—20%，这可以同我的数据19—26%相比较。埃考斯和勒福贝尔还对50年代中期荷兰的情况进行了估计，其结果为15—22%上下。因此，他们的发现与发达国家投资收益率的差异是轻微的这个命题不矛盾，特别是，美国的收益率不明显低于一些欧洲国家。我已经提到这为什么是真的一些原因，尽管美国的资本与劳动力之比率较高（但资本与自然资源之比未必高）。但是，人们不能过高评价经济学家在不管他们偶然观察到什么事实之后的推理能力。

第四，我还应告诉你们注意如下事实，我们谈论过所有社会收益率每一年度均在15—20%之间；如果我们忽略房屋并主要考虑企业投资，则可能还要高。我认为这些是令人吃惊的高数字。如果它们在任何地方都是几乎正确的，那么它们表明，投资率比通常社会所期望的要高得多。在美国，许多人志愿储蓄，以4%或5%的

年利购买无风险资产。因此，大部分人的边际时间偏好率可能是一年不大于4或5%。当然，单纯的生产性投资决不是无风险的，且不说尚有美国实际上发生的商业波动危险。但是，很多投资一起使每单位美元的风险大为减少；只要它们有一些统计不相关性，为此主要要求商业循环不太严重。如果整个经济被认为是可付15—20%利息的一家银行，那么找到有较大储蓄的方式似乎对社会有利。

这导致我得出第五个也是最后一个结论。我计算出的社会收益率。不仅高于个人愿意储蓄的利息率，而且与事后私人利润率相比也较高。丹尼森估计了1957年美国非农、非住宅私人资本的私人收益率大约一年为13%左右。如果包括农业，这个数字要低一点。另外一方面，接近20%的比率是产业事先好象瞄准的“目标”收益率，这不是没有代表性。这表明，如果耐用资产的社会投资收益确实超出私人收益，如果因此期望市场投资不足，那么差距的一个来源可能在私人和社会风险的差别。在美国，能力未充分利用的周期风险可能是私人风险的主要成分。如果真是这样，那么一个有效的充分就业政策可能缩短差距，并且通过刺激私人投资需求可能导致更迅速的经济增长以及更有效的资源配置。除此以外，税收政策可以设法使“国库”更多分担损失和利润，进一步使“风险社会化”。

结 束 语

名字与本讲演共存的德夫里斯教授曾说，经济理论是思想的储藏室。但我认为它也是错误的储藏室。我不敢说能避免对储藏室的内容增加错误。但是，经济学的一部分职责就是清除错误。这比产生它们要难，但也更有趣。

1963年5月于鹿特丹

参 考 资 料

阿罗，肯尼思·J.，“边做边学的经济含义”，载于《经济研究评论》，第155—173页，1962年7月号；

钱珀努恩，D.G.，“包括生产函数的动态增长模型”，载于《资本理论》(F.A.鲁兹和D.C.胡克编)，第223—244页，麦克米伦，1961年；

埃考斯，R.S.和路易斯·勒福贝尔，“资本形成：理论和经验分析”，载于《统计和统计评论》，第113—122页，1962年5月号；

科亚克，L.M.，和M.J.德·霍夫特—韦尔外尔，“经济增长、资本边际生产率以及利息率”，发表于世界经济学会关于利息率的会议上，罗亚芒特，1962年；

费尔普斯，E.S.，“投资的新观点：新古典分析”，载于《经济学季刊》，第548—567页，1962年9月号；

萨缪尔森，P.A.，“资本理论的寓言和实际：总量生产函数”，载于《经济研究评论》，第193—206页，1962年7月号；

索洛，R.M.，“投资和技术进步”，载于《1959年社会科学中的数学方法》(阿罗等编)，斯坦福大学出版社，1960年；“技术进步、资本形成和经济增长”，《美国经济评论》，第26—37页，1961年5月号；

沃斯威克，G.D.N.，“罗宾逊夫人论简单积累”，剑桥经济论文，第125—142页，1959年7月。